



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR COMERCIO Y ADMINISTRACIÓN
UNIDAD SANTO TOMÁS

SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

Modelo Sistémico de manejo de los Residuos Sólidos Urbanos en la Ciudad de México para el desarrollo de políticas innovadoras que mejoren su eficiencia.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN GESTIÓN Y POLÍTICAS DE INNOVACIÓN

PRESENTA:

M. en I. Francisco Gutiérrez Galicia

DIRECTORES DE TESIS:

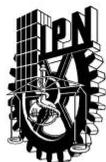
DR. VÍCTOR RAMÓN OLIVA AGUILAR

DRA. ANA LILIA CORIA PÁEZ



Ciudad de México

Junio 2020



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

SIP-13
REP 2017

**ACTA DE REGISTRO DE TEMA DE TESIS
Y DESIGNACIÓN DE DIRECTOR DE TESIS**

Ciudad de México, 30 de JUNIO del 2020

El Colegio de Profesores de Posgrado de la Escuela Superior de Comercio y Administración Unidad Santo Tomás en su Sesión ORDINARIA No. 4 celebrada el día 10 del mes de junio de 2020 conoció la solicitud presentada por el (la) alumno (a):

Apellido Paterno:	GUTIÉRREZ	Apellido Materno:	GALICIA	Nombre (s):	FRANCISCO
-------------------	-----------	-------------------	---------	-------------	-----------

Número de registro: B 1 6 0 3 8 4

del Programa Académico de Posgrado: DOCTORADO EN GESTIÓN Y POLÍTICAS DE INNOVACIÓN

Referente al registro de su tema de tesis; acordando lo siguiente:

1.- Se designa al aspirante el tema de tesis titulado:

"Modelo Sistémico de manejo de los residuos sólidos urbanos en la Ciudad de México para el desarrollo de políticas innovadoras que mejoren su eficiencia"

Objetivo general del trabajo de tesis:

Diseñar un modelo sistémico del Manejo de los Residuos Sólidos Urbanos en la CDMx, a partir de la innovación social, con el propósito de disminuir los impactos ambientales en forma económicamente viable y socialmente aceptada.

2.- Se designa como Directores de Tesis a los profesores:

Director: DR. VÍCTOR RAMÓN OLIVA AGUILAR 2° Director: DRA. ANA LILIA CORIA PÁEZ

No aplica:

3.- El Trabajo de investigación base para el desarrollo de la tesis será elaborado por el alumno en:

Escuela Superior de Comercio y Administración Unidad Santo Tomás

que cuenta con los recursos e infraestructura necesarios.

4.- El interesado deberá asistir a los seminarios desarrollados en el área de adscripción del trabajo desde la fecha en que se suscribe la presente, hasta la aprobación de la versión completa de la tesis por parte de la Comisión Revisora correspondiente.

DRA. ANA LILIA CORIA PÁEZ
DIRECTOR DE TESIS

FRANCISCO GUTIÉRREZ GALICIA
ASPIRANTE

DR. VÍCTOR RAMÓN OLIVA AGUILAR
2° DIRECTOR DE TESIS

DRA. SUSANA ASELED ROMÁN
ROMÁN
JEFE DE LA SECRETARÍA POLITÉCNICO NACIONAL
DIRECTOR DE CENTRO SANTO TOMÁS
(Nombramiento de la SECRETARÍA DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN)



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

SIP-14
REP 2017

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de siendo las horas del día del mes de del se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Posgrado de: para examinar la tesis titulada: del (la) alumno (a):

Apellido Paterno:	GUTIÉRREZ	Apellido Materno:	GALICIA	Nombre (s):	FRANCISCO
-------------------	------------------	-------------------	----------------	-------------	------------------

Número de registro:

Aspirante del Programa Académico de Posgrado:

Una vez que se realizó un análisis de similitud de texto, utilizando el software antiplagio, se encontró que el trabajo de tesis tiene 16% de similitud. **Se adjunta reporte de software utilizado.**

Después que esta Comisión revisó exhaustivamente el contenido, estructura, intención y ubicación de los textos de la tesis identificados como coincidentes con otros documentos, concluyó que en el presente trabajo SI NO **SE CONSTITUYE UN POSIBLE PLAGIO.**

JUSTIFICACIÓN DE LA CONCLUSIÓN: *(Por ejemplo, el % de similitud se localiza en metodologías adecuadamente referidas a fuente original)*
El trabajo presenta un 16% de similitud porcentaje muy bajo que proporciona evidencia de que se trata de un trabajo original y con las referencias que adecuadamente dan crédito a la fuente original.

****Es responsabilidad del alumno como autor de la tesis la verificación antiplagio, y del Director o Directores de tesis el análisis del % de similitud para establecer el riesgo o la existencia de un posible plagio.**

Finalmente y posterior a la lectura, revisión individual, así como el análisis e intercambio de opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR** **NO APROBAR** la tesis, en virtud de los motivos siguientes:

Satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes

COMISIÓN REVISORA DE TESIS

DIRECTOR DE TESIS
DRA. ANA LILIA CORIA PÁEZ
13921-EG-18
PROFESOR COLEGIADO

PRESIDENTE
DR. RICARDO TEJEIDA PADILLA
14451-EF-19
PROFESOR COLEGIADO

SECRETARIO
DR. JOAS GÓMEZ GARCÍA
13117-EE-18
PROFESOR COLEGIADO

SEGUNDO DIRECTOR
DR. VÍCTOR RAMÓN OLIVA AGUILAR
12552-EC-17
PROFESOR COLEGIADO

DR. OSWALDO MORALES MATAMOROS
14055-EF-19
PROFESOR COLEGIADO

ROMÁN
JEFE DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
DIRECTOR DE LA ESCUELA SUPERIOR DE COMERCIO Y ADMINISTRACIÓN UNIDAD SANTO TOMÁS
(Norma de Investigación)



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de **México** el día **15** del mes de **junio** del año **2020**, el que suscribe **Francisco Gutiérrez Galicia** alumno del Programa de **Doctorado en Gestión y Políticas de Innovación** con número de registro **B-160384**, adscrito al **Escuela Superior de Comercio y Administración Unidad Santo Tomas**, manifiesta que es autor intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del **Ana Lilia Coria Páez** y **Victro Ramón Oliva Aguilar** cede los derechos del trabajo intitulado **“Modelo Sistémico de manejo de los Residuos Sólidos Urbanos en la Ciudad de México para el desarrollo de políticas innovadoras que mejoren su eficiencia”**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección electronica: **fgutierrezga@ipn.mx**. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Francisco Gutiérrez Galicia

Francisco Gutiérrez Galicia

Índice General

Índice General	4
Índice de tablas.....	6
Índice de figuras	6
Resumen.....	8
Abstract.....	8
Introducción	9
Planteamiento del problema.....	10
Hipótesis	11
Objetivos de la Investigación	11
Objetivo general.....	11
Objetivos específicos	11
Justificación	12
Matriz de congruencia	14
1 Manejo de Residuos Sólidos Urbanos Procedimientos y Normatividad	15
1.1 Residuos Sólidos Urbanos (RSU).....	15
1.2 Ciclo de los RSU.....	15
1.3 Manejo Integral de RSU	19
1.4 Manejo Integral de RSU en América Latina.....	22
1.5 Manejo Integral de RSU en México	23
2 Marco Teórico.....	26
2.1 Modelos actuales para Manejo de los RSU.....	26
2.2 Desarrollo de modelos para el manejo de RSU países desarrollados	27
2.3 Desarrollo de modelos para el manejo de RSU países en desarrollo.....	30
2.4 Manejo Integral Sustentable de Residuos (MISR)	39
2.5 Innovación Social para el Manejo de RSU	40
2.5.1 Innovación	40
2.5.2 Innovación Social	40
2.4.3 Innovación en el Manejo de los RSU.....	42
2.5 Estado del arte de los modelos para el manejo de RSU.....	43
3 Marco Metodológico	47
3.1 Enfoque sistémico	47
3.2 Sistemas Suaves	50
3.3 Metodología Sistemas Suaves.....	51
3.3.1 Situación del problema no estructurado	51
3.3.2 Expresar la situación problemática	51
3.3.3 Definiciones de raíz.....	52
3.3.4 Modelos conceptuales	52
3.3.5 Modelo del Sistema Viable.....	53
3.3.6 Comparación de los modelos	55
3.3.7 Cambios y acciones para mejorar el problema	55
4 Construcción del Modelo	56
4.1 Situación considerada problemática	56
4.1.1 Contexto	57
4.1.2 Aspectos físicos.....	60

4.1.3	Aspectos de gobernanza	68
4.2	Expresión de la situación problemática	74
4.2.1	Problemas del manejo de RSU en la CDMx	74
4.2.2	Dimensiones del manejo de RSU en la CDMx.....	76
4.2.3	Visión Rica.....	77
4.3	Definiciones de raíz de los sistemas relevantes.....	81
4.3.1	Tareas principales	81
4.3.2	CATWOE	82
4.4	Modelo Conceptual.....	83
4.4.1	Sistema de protección a la salud	84
4.4.2	Sistema de protección al medio ambiente.....	85
4.4.3	Sistema de valorización de RSU	86
4.5	Comparación del modelo con la realidad.....	87
4.5.1	Indicadores de contexto	89
4.5.2	Indicadores Aspectos Físicos	90
4.5.3	Indicadores de Gobernanza.....	96
4.5.4	Discusión	103
4.6	Cambios factibles	105
4.7	Propuesta de Mejora	111
4.6.1	Sistema en foco.....	112
4.6.2	Sistema 1.....	112
4.6.3	Sistema 2.....	116
4.6.4	Sistema 3.....	118
4.6.5	Sistema 3*	120
4.6.6	Sistema 4.....	121
4.6.7	Sistema 5.....	122
4.8	Acciones para la mejora	124
Conclusiones		126
Bibliografía		133
Siglas y abreviaturas		144
Glosario.....		145
Anexo 1 Flujo de RSU de la Ciudad de México		148
Anexo 2 Gasto en el Manejo de RSU.....		149
Anexo 3 Evaluación por Indicadores de Referencia		150

Índice de tablas

Tabla 1. Matriz de congruencia.....	14
Tabla 2. Dimensiones de la Innovación social	41
Tabla 3. Selección de Metodologías de Análisis.....	49
Tabla 4. Generación de RSU	57
Tabla 5. Generación Per cápita por nivel de ingreso	58
Tabla 6. Composición de los RSU en la CDMx y a nivel Nacional.....	60
Tabla 7. Recolección de RSU en las Alcaldías	62
Tabla 8. Transferencia de RSU	62
Tabla 9. Disposición Final de RSU	64
Tabla 10. Plantas de Composta de la DGSU	65
Tabla 11. Plantas de Separación de RSU	66
Tabla 12. Centros de Acopio.....	67
Tabla 13. Presupuesto Público para el Manejo de RSU.....	69
Tabla 14. Legislación en Materia de Residuos Sólidos en la CDMx	73
Tabla 15. Elementos de la Visión Rica	79
Tabla 16. Relaciones Conflictivas Identificadas.	80
Tabla 17. CATWOE.....	82
Tabla18. Escalas de valorización indiciadores.....	88
Tabla 19. Generación y composición de residuos sólidos municipales (RSU) en la CDMx y a nivel nacional.....	89
Tabla 20. Indicador 1.1 Cobertura de Recolección	90
Tabla 21. Indicador 1.2 Residuos Captados por el Sistema.....	91
Tabla 22. Indicador 1.C. Calidad de la recolección.....	92
Tabla 23. Indicador 2 Tratamiento y disposición final controlada.....	93
Tabla 24. Indicador 2E Calidad en la protección ambiental.....	94
Tabla 25. Indicador 3 Reducción, Reúso y Reciclaje.....	95
Tabla 26. Indicador 3R Calidad de las 3 R´s.....	96
Tabla 27. Indicador 4U Inclusión de los usuarios.....	97
Tabla 28. Indicador 4P Inclusión de los prestadores de servicios.....	98
Tabla 29. Indicador 5F Sustentabilidad Financiera	99
Tabla 30. Indiciador 6N Congruencia con el marco legal nacional	101
Tabla 31. Indicador 6L Instrumentos locales coherentes	102
Tabla 32. Resumen de los Resultados de los Indicadores de Referencia para la Manejo Integral de RSU en la CDMx.....	104
Tabla 33. Recolección de RSU NO reciclables en el Modelo Conceptual.	107
Tabla 34. Vehículos de Recolección Necesarios para la Recolección NO Reciclables	107
Tabla 35. Ingresos por venta de materiales Reciclables	108
Tabla 36. Vehículos de Recolección Necesarios para la Recolección Reciclables	109

Índice de figuras

Figura 1. Ciclo de los Residuos Sólidos	15
Figura 2. Jerarquización en el Manejo de los Residuos Sólidos	20

Figura 3. Manejo Integral de los Residuos Sólidos	21
Figura 4. Sistemas de Manejo de Residuos Sólidos.....	22
Figura 5. Gestión Integral de los RSU	24
Figura 6. Diagrama Nacional de Flujo de los RSU.....	25
Figura 7. Factores Clave y Desarrollo de los Sistemas de Manejo de RSU	37
Figura 8. Factores Clave y Desarrollo de los Sistemas de Manejo de RSU en la CDMx	38
Figure 9. Elementos y dimensiones del MISR.....	39
Figura 10. Metodología de los Sistemas Suaves.	51
Figura 11. Modelo del Sistema Viable	53
Figura 12 Fuentes de Generación en la CDMx.....	58
Figura 13. Generación per Cápita.....	59
Figura 14. Manejo de RSU en la CDMx	61
Figura 15. Estaciones de Transferencia	63
Figura 16. Plantas de Composta de la CDMx.	64
Figura 17. Destino de los RSU en la CDMx	67
Figura 18. Marco Legal del Manejo de los RSU.....	69
Figura 19. Perspectiva de la estrategia de “Basura cero”	74
Figura 20. Elementos y dimensiones de la situación problemática.....	77
Figura 21. Visión Rica	78
Figura 22. Modelo Conceptual Propuesto	84
Figura 23. Propuesta del Sistema Limpia.....	85
Figura 24. Propuesta del Sistema de Protección al Medio Ambiente.	85
Figura 25. Propuesta del Sistema de Valorización de RSU.	86
Figura 26. Proceso de Evaluación por Indicadores de Referencia	87
Figura 27. Unidades Operativas del Sistema a la Salud.	113
Figura 28. Subsistema Implementación 1: Protección a la Salud	113
Figura 29. Unidades Operativas del Sistema de Protección al Medio Ambiente....	114
Figura 30. Subsistema Implementación 2: Protección al Medio Ambiente	114
Figura 31. Unidades Operativas del Sistema de Valorización de RSU.....	115
Figura 32. Subsistema Implementación 3: Valorización de RSU.	115
Figura 33. Sistema 1 “Implementación” del MIS-RSU en la CDMx.....	116
Figura 34. Sistema 2 “Coordinación” del MIS-RSU en la CDMx	118
Figura 35. Sistema 3 “Control” del MIS-RSU en la CDMx.	119
Figura 36. Sistema 3* “Auditoria” del MIS-RSU en la CDMx.....	120
Figura 37. Sistema 4 “Inteligencia” del MIS-RSU en la CDMx.	121
Figura 38. Sistema 5 “Política” del MIS-RSU en la CDMx.....	122
Figura 39. Modelo del Sistema Viable para la propuesta de MIS-RSU en la CDMx	123

Resumen

La Ciudad de México (CDMx), se encuentra dentro de las diez ciudades que generan más Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en el mundo. Sin embargo, su infraestructura no ha crecido ni se ha diversificado en la misma proporción que los RSU, ya que actualmente se requieren distintos tratamientos para su valorización y no solo el tradicional relleno sanitario. El Manejo los RSU en la CDMx, se considera un sistema complejo por la cantidad de subsistemas y las múltiples interacciones que tienen entre ellos, el objeto de esta investigación es el construir un modelo sistémico que permita incrementar las opciones de valorización y disminuir la cantidad de RSU que no se aprovechan. Se utilizó la metodología de los sistemas suaves, para poder mejorar el desempeño de la organización, explorando los propósitos de esta y asegurándose que exista suficiente entendimiento entre el propósito general de la organización y el de las partes interesada, además se empleo el modelo el sistema viable (MSV) bajo la premisa que el manejo RSU sea integral y sustentable. El resultado es un modelo conceptual en el que se establecen los subsistemas y relaciones necesarias para que le manejo de los RSU sea integral y mejor el desempeño de la organización.

Abstract

Mexico City (CDMx) is among the ten cities with the most Urban Solid Waste (MSW) in the world. However, its infrastructure has not grown or diversified in the same proportion as the MSW, since currently there are different treatments for its recovery and not only the traditional sanitary landfill. The Management of the RSU in the CDMx, considers a complex system for the number of subsystems and the multiple interactions that they have between them, the object of this research is to build a systemic model that allows increasing the options for recovery and decreasing the amount of RSU that not exploited. Verify the methodology of soft-systems to improve the organization's performance, exploring its parameters and ensuring that there is sufficient understanding between the general purpose of the organization and that of the interested parties. The viable system model will be seen (MSV), under the premise that RSU management is comprehensive. The result is a conceptual model that requires the subsystems and relationships necessary for the management of the RSU to be comprehensive and better the performance of the organization.

Introducción

Actualmente uno de los principales problemas ambientales es el manejo de los residuos sólidos, ya que son la principal fuente de generación de metano en el mundo, el 12% del total de las emisiones de gas metano se produce en los Rellenos Sanitarios (Environmental Protection Agency [EPA], 2006).

La mayor parte de los residuos sólidos se concentra en las ciudades según estudios del Banco Mundial (BM) en las zonas urbanas, el manejo de los residuos representa el servicio municipal de mayor importancia en su relación con la población y el que tiene un mayor presupuesto. El Banco Mundial estimó en el 2012 que a nivel mundial se destinaron al manejo de los residuos 205.4 billones de dólares y que está cantidad aumentará a 375.5 billones de dólares en el 2025, teniendo las mayores tasas de crecimiento en los países de bajos y medianos ingresos como es el caso de México.

Los residuos sólidos representan una inmensa pérdida de recursos y de energía de manera que pueden ser considerados como un indicador de eficiencia en el uso de los materiales en una sociedad. Los factores predominantes en la generación de residuos sólidos municipales se relacionan con el nivel de ingreso por persona y la urbanización. Por ejemplo Estados Unidos se cataloga como el país con la mayor generación de residuos sólidos municipales siendo el quinto país con el ingreso per cápita más alto, sin embargo, existen otros factores que inciden en la tasa de generación per cápita de residuos, como en Japón y Suecia que ocupan la posición tres y ocho en cuanto a ingreso per cápita pero que generan menos residuos debido a las acciones y políticas encaminadas a la protección del medio ambiente (Tello, Martínez, Daza, Soulier, & Terraza, 2011).

En la Ciudad de México (CDMx) se genera el 8.7 % del total de residuos sólidos a nivel nacional, por lo que el sistema de manejo de residuos sólidos resulta ser complejo tanto por la cantidad, la densidad del tráfico y la falta de zonas adecuadas para llevar acabo el tratamiento y disposición final dentro de su territorio, ya que, conforme a la normatividad ambiental existente, no resulta viable contar con un relleno sanitario o centro de tratamiento por lo que la cantidad de residuos solidos que se aprovechan es mínima.

En función de ello, el propósito de esta investigación fue la de construir un modelo sistémico que permita identificar los cambios en el manejo de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en la CDMx para mejorar su desempeño incrementado la cantidad de residuos sólidos que se puede aprovechar mediante tratamiento y/o reciclaje, los cuales sean económicamente viables, socialmente aceptados y ambientalmente efectivo. Para lo cual se utilizo la metodología de los sistemas suaves y el modelo del sistema viable.

La estructura de la tesis contempla en el primer capítulo un panorama del manejo de los RSU en el mundo, su relevancia, las opciones de manejo existentes y su jerarquización, así como la situación del manejo de los RSU en México y el marco jurídico y político.

En el segundo capítulo se aborda el marco teórico que sustenta el trabajo, desde los modelos que han sido utilizados para el análisis del manejo de los residuos sólidos, los elementos que los integran, las relaciones existentes entre estos y sus relaciones con su entorno, medio ambiente y población.

En el capítulo tres se describe el marco metodológico, desde la descripción del enfoque sistémico, la metodología de los sistemas suaves y el modelo del sistema viable, así como un análisis del porqué son metodologías complementarias y cuáles son las ventajas de utilizarlas en conjunto.

En el capítulo cuatro se presenta los resultados de la aplicación de la metodología de los sistemas suaves y el modelo del sistema viable, mediante esta metodología se identificaron todos los elementos que integran el manejo de los RSU en la CDMx, así como las relaciones existentes, finalmente se presenta la propuesta del modelo del sistema viable.

Finalmente, este documento presenta las conclusiones derivadas de la investigación, así como aquellas limitaciones que se presentaron en la elaboración del trabajo.

Planteamiento del problema

La infraestructura de la CDMx no ha crecido ni se ha diversificado como lo han hecho los residuos sólidos, los cuales se incrementaron en cantidad y tipo, que requieren distintos tratamientos para su valorización y no solo el tradicional relleno sanitario. Desde la creación de la Dirección General de los Servicios Urbanos (DGSU) en 1980, las etapas del manejo de los residuos sólidos y los responsables siguen siendo los mismos. El transporte, tratamiento biológico y disposición final de los Residuos Sólidos es realizado por la DGSU, las alcaldías realizan el barrido manual y mecánico. En el año 2012 se propuso la ubicación de varios CIRE (Centros Integrales de Reciclado y Energía) planes que no se concluyeron debido a que no se contaba con el terreno suficiente para su instalación que contemplaba separación por subproducto para su reciclaje, aprovechamiento energético y compostaje.

Para disminuir la cantidad de residuos que se envían a la disposición final, en la CDMx se ha implementado el programa de separación de residuos, la Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA) en 2014 determinó que de este programa de separación se logaron enviar a tratamiento orgánico por composta un 3.18% de la generación diaria, y un 36.91% a las plantas de separación para el reciclaje de residuos, sin embargo en esta fase solo un 5.08% del material que se recibe se recupera por lo que la gran mayoría de los residuos sólidos que llegan a las plantas de separación termina en los rellenos sanitario recuperando solo un 1.87% del total, en contraste la SEDEMA estima que la pepena recupera para reciclaje o tratamiento 1,621 toneladas al día que representa un 13% del total (Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México [SEDEMA], 2015)

Si bien es cierto existe un avance en la implantación de tratamientos para reducir la cantidad de residuos sólidos que se envía a disposición final, el mayor aporte lo realiza

el sector informal, y en conjunto todos estos esfuerzos en cantidad representan lo mismo que los RSU que no son recolectados y que son dispuestos directamente en el suelo y/o cuerpos de agua sin control alguno.

Por otra parte, uno de los factores que incide en el inadecuado Manejo Integral de los Residuos Sólidos es la baja eficiencia de los programas de separación y reciclaje, la CDMx al no ser una entidad federativa, la responsabilidad del manejo de los Residuos Sólidos Urbanos está compartida entre las alcaldías y el Gobierno de la Ciudad a través de la DGSU. Actualmente las Alcaldías tienen a su cargo la implementación de los programas de reducción en la fuente, separación y recolección mientras que la Dirección de Servicios Urbanos realiza el transporte, tratamiento biológico y disposición final de los RSU.

El Manejo los RSU en la CDMx, se considera un sistema de actividades humanas complejo por la cantidad de subsistemas y las múltiples interacciones que tienen lugar entre ellos, se requiere construir un modelo sistémico utilizando la metodología de los sistemas suaves y el modelo del sistema viable para definir qué cambios son deseable y socialmente aceptados para disminuir los impactos al ambiente y preservar la salud de la población, ya que actualmente las acciones para reducir la generación y maximizar la valorización de los residuos son dispersas y carecen de un involucramiento efectivo de todos los sectores.

Para que el Manejo de los RSU en la CDMX sea integral, se requiere desarrollar un modelo con un enfoque sistémico que involucre tanto a las dependencias públicas, como a los servicios privados e informales, para preservar la salud de la población en general y reducir los impactos sobre el ambiente, de una forma económicamente viable y socialmente aceptada.

Hipótesis

La CDMx no tiene actualmente un manejo integral sustentable de los RSU, para mejorarlo es necesario modificar el sistema actual para disminuir los impactos al medio ambiente, mediante un modelo basado en el paradigma sistémico.

Objetivos de la Investigación

Objetivo general

Diseñar un modelo sistémico del Manejo de los Residuos Sólidos Urbanos en la CDMx, a partir de la innovación social, con el propósito de disminuir los impactos ambientales en forma económicamente viable y socialmente aceptada.

Objetivos específicos

1. Revisión de la literatura al respecto de conceptos y teorías que soportan la investigación.

2. Definir el origen de los sistemas de mayor importancia.
3. Identificar los actores involucrados en el manejo de los RSU.
4. Generar el primer constructo conceptual y contrastarlo con la realidad, para determinar los cambios factibles y realizar la propuesta de mejora.

Justificación

Como sucede a nivel mundial uno de los mayores gastos de la CDMx está en el manejo de los RSU; el Gobierno de la Ciudad destinó en el periodo 2001-2017 al manejo de los RSU un promedio de 3,600 millones de pesos al año. El gasto en el manejo se divide principalmente en dos rubros, el ejercido por las alcaldías es para la recolección domiciliaria y el barrido manual que representa el 47% del presupuesto y el restante 53% corresponde a la transferencia y disposición final en Rellenos Sanitarios que operan particulares.

El Gobierno de la Ciudad plantea como la solución más viable al problema de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) reducir el costo de su manejo y el impacto que generan al ambiente, al invertir el flujo de residuos que actualmente se tiene, a fin de que la mayor parte de estos no se envíe a un sitio de disposición final, sino contar con alternativas suficientes que permitan a los usuarios reciclar o reutilizar los residuos que generan, y restringir en medida creciente los servicios de limpieza como recolección, transferencia, disposición final y tratamiento. Con estas medidas se pretende llegar a un ideal de “Cero Residuos”.

Para el tratamiento de los RSU la CDMx cuenta con 8 plantas de composta y dos plantas de separación, y en conjunto solo aprovechan el 13.3% y 4.1% del total de RSU respectivamente, mientras que los voluntarios de la recolección recuperan el 15.7%, en conjunto se aprovecha actualmente un 33.1% muy lejano aun de la condición ideal de “Cero Residuos” la que se tendría que alcanzar con un 100%, resaltando que casi la mitad de los RSU son aprovechados por los voluntarios de recolección que no están incluidos formalmente en el sistema de manejo de residuos de la CDMx.

A la par de estas deficiencias en el manejo de los RSU, las estrategias de concientización ambiental para que la población reduzca la cantidad de RSU que generan, no han tenido resultados positivos ya que la CDMx es la ciudad con el mayor índice de generación per cápita en el país y se ha mantenido con un incremento constante aun con la implementación en el año 2004 de los Planes de Prevención y Gestión Integral de Residuos

Hasta ahora los cambios políticos y jurídicos en la CDMx, no se han visto reflejados de forma significativa en el Manejo Integral de los Residuos Sólidos, la normatividad y la política en materia de residuos sólidos se ha modificado significativamente desde 1997. Actualmente la CDMx cuenta con su propia Ley de Residuos Sólidos su respectivo reglamento y normas específicas, las cuales aun cuando pretendían modificar el Manejo de los RSU para reducir los impactos al ambiente, al establecer dos fracciones de RSU

(orgánicos e inorgánicos), no han obtenido los resultados esperados ya que la legislación se cumple en forma parcial al ajustarse a los servicios y estructuras existentes.

En este trabajo se plantea la necesidad de construir un modelo sistémico basado en la metodología de los sistemas suaves, a fin de que se puedan identificar cuáles son los cambios posibles y culturalmente aceptables, a fin de que exista congruencia entre las políticas en materia RSU y su manejo, lo cual se refleje en una disminución progresiva de los impactos al ambiente.

Matriz de congruencia

En la Tabla 1 corresponde a la matriz de congruencia la que permite apreciar a simple vista el resumen de la investigación y su secuencia lógica.

Tabla 1. Matriz de congruencia

Titulo	Planteamiento del problema	Preguntas de Investigación	Hipótesis	Objetivo General	Objetivos Específico	Método y Metodología	Soporte Teórico y Conceptual
<p>Modelo Sistémico de Manejo de los Residuos Sólidos Urbanos en la CDMx para el desarrollo de políticas innovadoras que mejoren su eficiencia.</p>	<p>La planeación y prestación de los servicios para el manejo de los residuos sólidos no corresponde a la jerarquización establecida por la política ambiental de la CDMx</p> <p>El marco legal actual del manejo de los residuos sólidos en la CDMx no incluye a todos los actores involucrados.</p> <p>Por lo cual no se tiene un manejo integral sustentable.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Cómo se han estudiado los sistemas de manejo de los RSU? 2. ¿Cuáles son los sistemas que integran el manejo de los RSU en la CDMx? 3. ¿Cuáles son los actores involucrados en controlar los impactos ambientales provocada por los RSU en la CDMx? 4. ¿Cómo se modificaría el sistema de manejo de los RSU para reducir los impactos ambientales de la CDMx? 	<p>La CDMx no tiene actualmente un manejo integral sustentable de los RSU, para mejorarlo es necesario modificar el sistema actual para disminuir los impactos al medio ambiente, mediante un modelo basado en el paradigma sistémico.</p>	<p>Diseñar un modelo sistémico del Manejo de los Residuos Sólidos Urbanos en la CDMx con el propósito de disminuir los impactos ambientales en forma económicamente viable y socialmente aceptada.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisión de la literatura de los conceptos y teorías que soportan la investigación. 2. Definir el origen de los sistemas de mayor importancia. 3. Identificar los actores involucrados en el manejo de los RSU. 4. Generar el primer constructo conceptual y contrastarlo con la realidad, para determinar los cambios factibles y realizar la propuesta de mejora. 	<p>Método sistémico</p> <p>Metodología de sistemas suaves</p>	<p>Impacto ambiental</p> <p>Ciclo de los residuos sólidos urbanos.</p> <p>Innovación de procesos</p>

Fuente: Elaboración Propia

1 Manejo de Residuos Sólidos Urbanos Procedimientos y Normatividad

1.1 Residuos Sólidos Urbanos (RSU)

En México la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, define a los Residuos Sólidos Urbanos, como: “los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que se utilizan en sus actividades domésticas de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; sí como los residuos proviene de cualquier otra actividad dentro de los establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados Residuos Peligrosos (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2003).

La generación de RSU ocurre en relación directa con el aumento poblacional y el nivel de actividad económica. América Latina es una de las regiones con mayor nivel de urbanización del planeta: el 78% en promedio de sus 569 millones de habitantes viven en ciudades, mayormente grandes, lo cual produce una alta concentración en la generación de desperdicios y al mismo tiempo un problema difícil de controlar desde el punto de vista ambiental y social. En México en el año 2004 se generaron 94,800 ton/día de RSU y de acuerdo a estimaciones de SEDESOL solo 64% de disponía en sitios controlados o en relleno sanitarios (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático[INECC], 2012)

1.2 Ciclo de los RSU

Los residuos sólidos conforman un ciclo compuesto de varias etapas estrechamente vinculadas como se muestra en la **Figura 1**, el cual inicia desde la producción de los bienes de consumo, continuando con la generación, almacenamiento, recolección, transferencia, transporte primario y secundario, tratamiento y disposición final (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1994).

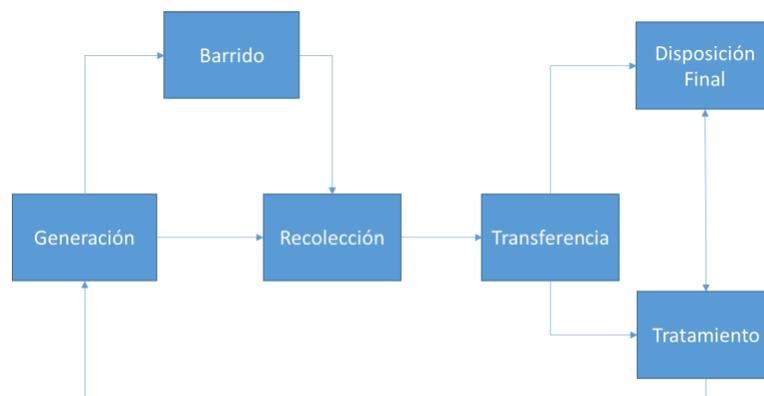


Figura 1. Ciclo de los Residuos Sólidos
Fuente: Elaboración Propia

Generación: La generación de residuos abarca las actividades en las que los materiales son identificados sin ningún valor adicional, y son tirados o recogidos juntos para su disposición final. La generación de residuos es una actividad poco controlable.

La generación de los residuos sólidos es el parámetro que se debe considerar para contar con un sistema integral de manejo de residuos, se refiere a la cantidad de residuos que se tienen en un sitio determinado por día, y la unidad para medirla es kg/hab/día.

Almacenamiento: El almacenamiento consiste en depositar temporalmente todos aquellos productos que carezcan de interés para el generador de residuos sólidos éstos incluyen materiales biodegradables, como restos de alimentos y de hojarasca además de otros materiales como cartón, vidrio, tela, plástico, metal, fibras, cuero, hule, madera etc. Debe considerarse que al aumentar el tiempo de almacenamiento se incrementa el volumen de residuos y por tanto las necesidades de espacio para este fin.

Son pocas las ciudades donde se tiene un almacenamiento adecuado en las casas habitación, los comercios, industrias, escuelas, oficinas y hospitales. Según las características de la fuente generadora hay varios tipos de almacenamiento, por ejemplo, almacenamiento en casas habitación, almacenamiento comercial (mercados, tiendas de abarrotes, restaurantes y hoteles), almacenamiento industrial y almacenamiento hospitalario (Quadri, Wehenpohl, Sánchez, López, & Nyssen, 2003)

Barrido: El barrido es otra fase del sistema de recolección de basura y surge por la necesidad de limpieza y estética de las vías de intensa circulación peatonal además de las calles principales, parques y jardines, las que por factores naturales o antropogénicos son invadidas por residuos vegetales, arenas, lodos, envolturas de artículos, o residuos de comidas, botellas de vidrio, etc.

Recolección: La etapa de recolección es la parte medular de un sistema de aseo urbano y tiene como objetivo principal preservar la salud pública mediante la recolección de los desechos en los centros de generación y su transporte al sitio de transferencia, tratamiento o disposición final en forma eficiente y al menor costo, en esta etapa suelen emplearse una proporción importante de recursos económicos destinados a la gestión de RSU.

Para el diseño de un sistema de recolección deben conocerse los siguientes datos: cantidad y características de los desechos sólidos, tipo de almacenamiento, frecuencia de recolección, método de recolección y tripulación, tipo de vehículos, etc.

En general ciudades y municipios no cuentan con un diseño de rutas de recolección, lo cual refleja que los municipios además de no contar con los suficientes recursos económicos tampoco disponen de una buena planeación para ampliar su cobertura adecuadamente y a menor costo, sobre todo para aquellos lugares periféricos con dificultades de acceso o en zonas de reciente creación. Esta situación trae por consecuencia que se acumulen cantidades considerables de residuos en áreas como lotes baldíos, barrancas y colonias periféricas.

El servicio de recolección consiste en que el personal encargado reciba los residuos de manera directa o indirecta (contenedores privados o públicos, respectivamente) por parte del generador de los residuos; los que son depositados temporalmente en las cajas de los vehículos recolectores, trasladados a estaciones de transferencia, tratamiento, disposición final o centros de acopio.

Transferencia: Es la acción de transferir los residuos sólidos de las unidades vehiculares de recolección, a las unidades vehiculares de transferencia, con el propósito de transportar una mayor cantidad de RSU a un menor costo, con lo cual se logra incrementar la eficiencia global del sistema de recolección. Esta etapa, a su vez, tiene como propósito reducir los grandes recorridos de los vehículos recolectores y con ello los tiempos no productivos. Dichos vehículos de transferencia transportan los residuos a las plantas de selección o sitios de disposición final (Instituto Nacional de Ecología[INE], 1996).

Las estaciones de transferencia son variables en forma, pero en esencia es un edificio en el cual a base de rampas se logra que los camiones recolectores queden en un nivel superior al de los vehículos de mayor capacidad, pudiendo de esta manera descargar por gravedad su contenido al interior de los mismos. El tamaño de la estación, el número de vehículos de transferencia que puedan ser cargados simultáneamente y la cantidad de recolectores que puedan descargar, van de acuerdo a las necesidades y soluciones del proyecto de cada estación.

Con la operación del sistema de transferencia se incrementa la eficiencia del sistema de recolección, disminuyendo costos y se evita la contaminación atmosférica al disminuir el número de vehículos que asisten al sitio de disposición final.

Tratamiento: El tratamiento de los residuos sólidos urbanos puede incluir procesos biológicos, físicos, químicos o térmicos, incluida la separación; cuyo objetivo principal es cambiar las características de los residuos para reducir su volumen o peligrosidad, facilitar su manipulación o incrementar su valorización.

El proceso de elaboración de composta es un tratamiento biológico el cual produce un material estable que resulta de la descomposición de la materia orgánica. Es un abono orgánico que posee un balanceado contenido de nutrientes, microorganismos y minerales, que se obtiene por la transformación biológica controlada de la fracción orgánica de los residuos urbanos, vegetales y animales.

El tratamiento térmico, incluye la incineración, la pirolisis y la gasificación. Cuando se habla de incineración implica la combustión de residuos sólidos urbanos a altas temperaturas, convierte la basura en calor, emisiones gaseosas y ceniza residual sólida. La incineración se realiza tanto a pequeña escala, como para una escala mayor (industria). Es reconocida como un método práctico de eliminar ciertos materiales de desecho peligrosos como por ejemplo los desechos biológicos de los hospitales (Cortinas, 1999).

La pirolisis y la gasificación son dos formas de tratamiento térmico en las que los residuos se calientan a altas temperaturas con una cantidad de oxígeno limitada, en un contenedor sellado a alta presión. Convertir el material en energía es más eficiente que la incineración directa ya que se genera energía que puede recuperarse y usarse, mucha más que en la combustión simple, la pirolisis de los residuos sólidos convierte el material en productos sólidos, líquidos y gaseosos; el aceite líquido y el gas pueden ser quemados para producir energía o refinado en otros productos, el residuo sólido puede ser refinado en otros productos como el carbón activado (Quadri et al., 2003).

La gasificación es usada para convertir materiales orgánicos directamente en un gas sintético formado por monóxido de carbono e hidrógeno. El gas se puede quemar directamente para producir vapor o en un motor térmico para producir electricidad. La gasificación se emplea en centrales eléctricas de biomasa para producir la energía renovable y calor.

La separación de materiales puede realizarse en plantas de selección de materiales dentro de las estaciones de transferencia o del relleno sanitario, dentro de estas plantas un porcentaje de los RSU que llega a ellas es separado para reincorporarse a la actividad productiva o re-uso de materiales, la otra fracción de residuos se va como rechazo a los sitios de disposición final.

No se debe perder de vista que el objetivo principal de aplicar alguno de estos tratamientos a los RSU generados en una determinada localidad es la disminución del volumen a confinar en el relleno sanitario y de esta forma incrementar su vida útil. Disminuir la actividad biológica de la fracción orgánica de los residuos disminuye además las emisiones de biogás, la concentración de contaminantes en los lixiviados y en su caso la cantidad de residuos que se tendrían que incinerar.

Disposición Final: El relleno sanitario es una técnica para la disposición final de los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestia ni peligro para la salud y seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de terminado el mismo. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más pequeña posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé y controla los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos en el relleno, por efecto de la descomposición de la materia orgánica.

Todo sitio que se destine para ser utilizado como relleno sanitario para disposición final de residuos sólidos, debe cumplir las siguientes condiciones:

- Contar con la preparación adecuada que no permita la filtración de los contaminantes generados en toda época del año.
- Ser de fácil acceso para cualquier tipo de vehículo o recolector que se utilice en toda época del año.
- Estar de acuerdo con la planeación y el uso del suelo donde se localice.
- Permitir su utilización a largo plazo (de preferencia superior a 10 años).

- Tener condiciones naturales que protejan los recursos naturales, la vida animal y vegetal en sus alrededores.
- Ofrecer una cantidad adecuada de material de cubierta dentro de las cercanías del sitio. La arcilla para cobertura debe ser trabajable, compactable, de la graduación especificada y de la calidad apropiada.

1.3 Manejo Integral de RSU

El contar con todas las etapas del ciclo de los RSU no es suficiente para que el manejo sea sustentable, para ello se requiere alcanzar un manejo integral. El manejo Integral de los Residuos Sólidos (MIRS), combina flujos de residuos, métodos de recolección y procesamiento, de lo cual derivan beneficios ambientales, optimización económica y aceptación social en un sistema práctico para cualquier región. Este se puede lograr combinando opciones de manejo que incluyen esfuerzo de reúso, reciclaje, tratamientos que involucren compostaje, aprovechamiento de biogás, incineración con recuperación de energía, así como la disposición final en rellenos sanitarios (Cortinas, 1999).

El manejo integral de los residuos sólidos, se incluyen además de los servicios relacionados con la recolección transporte, tratamiento y disposición final de los RSU, es necesario incluir acciones para la reducción de la generación, el reporte Burlantd de las naciones unidas, “Our Common Future”, explica claramente, que el desarrollo sustentable solamente se puede lograr cuando la sociedad y la industria, aprenden a producir “más con menos”, más y mejores servicios con menos recursos naturales incluyendo energía, lo cual genera menos contaminación y residuos (McDougall, White, Franke, & Hindle, 2001).

En el manejo integral de RSU, los servicios de recolección, tratamiento y disposición final, se diseña bajo los principios de equidad, eficacia y eficiencia. La équida se refiere a que todos los ciudadanos a tiene derecho a un sistema de manejo de RSU que les proporcione un medio ambiente saludable. La eficacia en el manejo de RSU se entiende como la capacidad de asegurar la salud de la población y sus trabajadores, previniendo la propagación de enfermedades. Finalmente la eficiencia de una sistema integral de manejo de RSU depende de ser ambientalmente efectivo, económicamente costeable y socialmente aceptado (Van De Klundert & Anschütz, 2001).

Para que el manejo de los RSU sea ambientalmente efectivo, el sistema debe de reducir lo más posible dentro de sus límites las emisiones de contaminantes al suelo, aire y agua. En cuanto a la viabilidad económica se espera que el costo de operación del manejo debe ser aceptados por la comunidad, que incluye a la población en general, negocios y el gobierno. El costo de operación del manejo de los RSU depende de la infraestructura existente, pero lo ideal es que el costo de operación no sea mucho mayor que el costo existente previo a las mejoras propuestas. Los sistemas de manejo de RSU deben de operar de forma que sean aceptados por la mayor parte de la población, para ello se requiere de un dialogo constante y extenso con los diferentes grupos de involucrados en el manejo de los RSU para informar y educar acerca de la forma de operar, para desarrollar confianza y soporte de la comunidad.

Resulta difícil minimizar costos e impactos al ambiente y al mismo tiempo lograr la aceptación social. El punto de equilibrio a alcanzar es aquel en el cual se logren reducir al máximo los impactos ambientales dentro de los límites del sistema a un costo aceptable. Un factor determinante para tomar decisiones acertadas en cuanto al manejo de los RSU, es contar con información confiable acerca del costo del manejo y los impactos ambientales dentro de los límites del sistema.

El Manejo Integral de los RSU da prioridad a las opciones que tienen un menor impacto al ambiente, partiendo de la prevención de la generación, el reúso o reciclaje o compostaje, de la incineración como recuperación de energía, la incineración sin recuperación de energía y del confinamiento en el relleno sanitario como última opción. Este enfoque ha influido en las decisiones y estrategias de manejo de los RSU a nivel local, nacional e internacional durante los últimos 25 años (Ver **figura 2**).

Este modelo de jerarquización de las etapas del Manejo Integral de los residuos sólidos con relación a su impacto al ambiente y consumos de energía fue presentado por primera vez en 1977 por la Comisión Ambiental de las Comunidades Europeas, en donde se prefieren las técnicas de reducción, reciclaje, recuperación de energía, tratamiento y finalmente la disposición final en rellenos sanitarios.



Figura 2. Jerarquización en el Manejo de los Residuos Sólidos
Fuente:(European Environment Agency [EEA], 2013)

Para que un sistema de manejo de RSU se considere integral, debe de tener en consideración lo siguiente:

- a. Incluir todas las fracciones de los RSU (orgánicos, inorgánicos, reciclables, etc.). Si un sistema se focaliza solo en un tipo de RSU, como los reciclables, el sistema es menos eficiente, en términos del impacto al ambiente y por lo tanto económicos, es por lo que se debe de tomar en cuenta todas las fracciones de los RSU.
- b. Considerar todas las fuentes generadoras de RSU como domésticas, comerciales, institucionales e industriales. Tomar en cuenta una sola fuente generadora es menos productivo que focalizarse en la naturaleza de los residuos sin importar quien la genere.

- c. En cuanto a las etapas del manejo de los RSU se considera necesario, en primera instancia un sistema de recolección óptimo y un almacenamiento eficiente seguido, de al menos: tratamiento biológico para la fracción orgánica de los RSU ideales para producir composta y reducir el volumen de residuos que se envía a disposición final; tratamiento térmico con recuperación de energía, se elige para esto la fracción de los RSU con un alto poder calorífico y bajo contenido de humedad como el papel y plástico, o bien los denominados RDF por sus siglas en inglés (Refuse-derived fuel) que consiste en una mezcla de RSU con industriales o comerciales y acondicionada (compacta y seca) para utilizarse como sustituto de combustibles fósiles; y por último un relleno sanitario para la fracción que no se puede tratar.

En la **Figura 3** se ejemplifica el propósito del manejo integral de los residuos en la sociedad actual. Los sistemas de manejo de los RSU son sistemas abiertos ya que toman del ambiente energía y materias primas para la producción de bienes y servicios que generan RSU y emisiones contaminantes que afectan la calidad del aire, agua y suelo. Un manejo integral incluye estrategias y acciones para disminuir la cantidad de RSU que se generan en la producción de bienes y servicios. Ya para aquellos que no se pueda evitar someterlos a tratamientos que permitan la recuperación de materiales y energía aprovechables en la producción, y el resto enviarlo a una disposición final adecuada para disminuir las emisiones contaminantes al ambiente, en forma económicamente viable y socialmente aceptable.

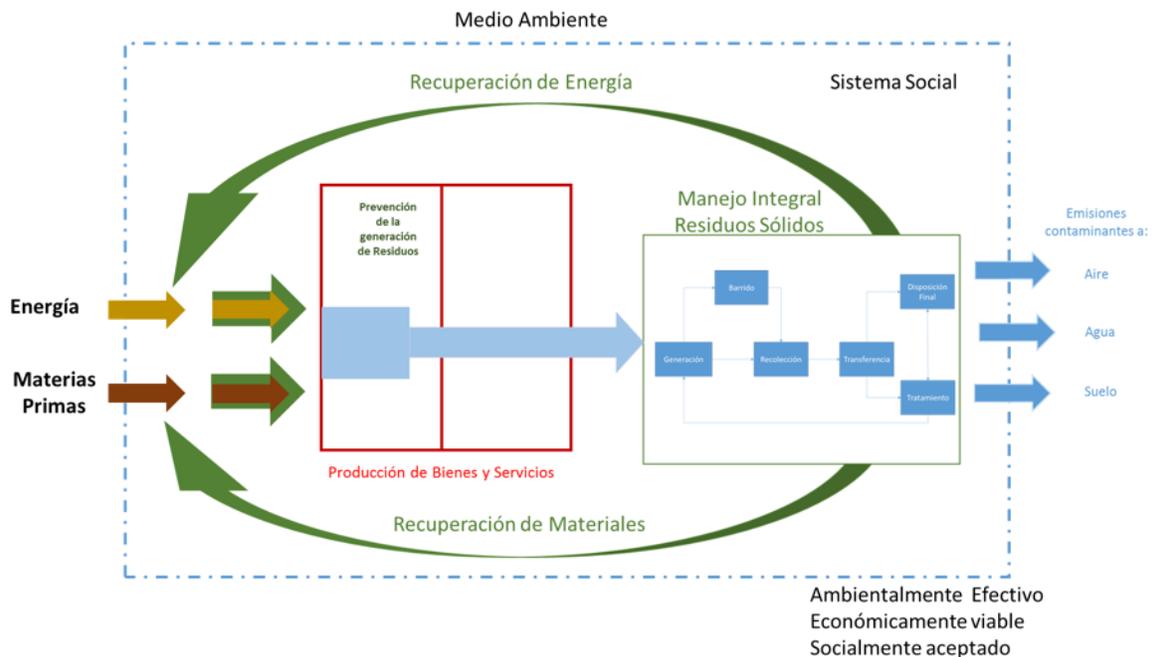


Figura 3. Manejo Integral de los Residuos Sólidos
Fuente: (McDougall et al., 2001)

Para la implementación de un **Manejo Integral de Residuos Sólidos** en una región específica, se tiene que dar la interacción de tres factores fundamentales; Actores involucrados, elementos del sistema y aspectos políticos, legales, económicos y técnicos orientados todos ellos a preservar el medio ambiente para lograr un desarrollo sustentable. Como actores involucrados, se incluye a: los individuos o grupos que tiene un interés o algún rol dentro del sistema. Es necesario identificar a todos los actores involucrados para incluirlos dentro de la creación de los sistemas de manejo de residuos sólidos. En cuanto a los elementos o procesos se incluyen los aspectos técnicos del manejo de los residuos sólidos, estos elementos deben de ser analizados en su conjunto y no de forma individual para tener un sistema eficiente y efectivo, además se debe de considerar el impacto que tiene cada uno de los actores identificados sobre cada uno de estos elementos. Finalmente, los aspectos, políticos, legales, socio culturales, técnicos y económicos, deben poder conjuntar sus objetivos para que se logre una manejo integral como se muestra en la **Figura 4** (Bhada-Tata & Hoornweg, 2012).



Figura 4. Sistemas de Manejo de Residuos Sólidos
Fuente: (Van De Klundert & Anschutz, 2001).

1.4 Manejo Integral de RSU en América Latina

En 1997 América Latina generaba aproximadamente 275,000 toneladas diarias de residuos sólidos y las instalaciones de disposición adecuadas solo representaban un 35% (rellenos sanitarios), las demás instalaciones de eliminación de residuos eran tiraderos a cielo abierto los cuales no cumplían las mínimas normas sanitarias, causando así problemas de salud pública, contaminación atmosférica, de suelo, y de agua (Tello et al., 2011).

En Brasil solo el 42% de las ciudades tienen medios adecuados para la disposición de sus residuos sólidos, en Chile el 78% y en México el 30%. En Colombia y Bolivia existen programas interesantes de reciclaje y recuperación de subproductos (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], 2002).

Aunque diversos estudios realizados en países Latinoamericanos (Tello et al., 2011; Wehenpoh & Hernández, 2006), han demostrado que el éxito o fracaso en la gestión

integral de los residuos sólidos urbanos depende en mucho de la participación de la población así como de la normatividad existente que cada municipio pueda aplicar a los ciudadanos, es cierto que muchos de estos países tienen múltiples problemas en su manejo ya que la cantidad de residuos generados es excesiva, y se debe dar respuesta no solo al incremento en su densidad poblacional sino también al incremento en la generación de sus residuos de hasta un 2% anual, se debe recordar que los principales factores que permiten que exista un incremento en la generación de residuos sólidos es el ingreso per-cápita y el grado de urbanización de una comunidad (Instituto Nacional de Ecología [INE], 1997).

Para cumplir y satisfacer las necesidades de la población y para que todos los elementos con que cuenta una ciudad funcionen de manera adecuada se realiza una planeación urbana, cuyo proceso de elaboración se clasifica como un proceso creativo y por lo tanto sujeto a consideraciones subjetivas (basada en creencias, convicciones e interpretaciones individuales) por parte de quien lo realiza. Consideremos el proceso de intercambio como el proceso urbano que posibilita la transferencia de bienes, mercancías, valores, energía e información entre los diferentes procesos que expresan la dinámica de la sociedad especialmente urbana considerando entre otros aspectos el abastecimiento de agua potable, el sistema de manejo de residuos sólidos, medios de transporte, telecomunicaciones, entre otros (Castells, 1974).

La imposibilidad de encontrar una solución inmediata social y ambientalmente aceptable para la disposición final de residuos sólidos en vista del cierre de los tradicionales “rellenos controlados” o tiraderos a cielo abierto en áreas metropolitanas, lleva a la discusión sectorial en muchas de las áreas metropolitanas latinoamericanas (México D.F., Buenos Aires, Río de Janeiro, Montevideo); y a la toma de conciencia, por parte de las autoridades, sobre problemas ambientales y sociales como por ejemplo la compleja realidad social que representan los trabajadores informales de la basura, lo cual ha generado un cierto consenso en torno a la necesidad de incluirlos como parte de la solución en el sistema formal de manejo de RSU y el reclamo de la sociedad civil en lo que se refiere a desarrollar un sistema de manejo de RSU que incluya la minimización, el reúso y el reciclaje como componente estructural del mismo. Lo que ha ejercido presión política y económica sobre las autoridades municipales para incorporar estas actividades en sus planes de corto y mediano plazo. Por ejemplo en la ciudad de Sao Paulo se concentran más de 18 millones de habitantes que generan más de 15,000 toneladas de residuos domiciliarios al día, las actividades enfocadas al reciclaje y tratamiento son amplias y diversas, y se basan en la separación desde la fuente de generación del componente inorgánico de la basura, el éxito del programa de separación es atribuible a la incorporación de los pepenadores de la ciudad a la incorporación de un trabajo formal que consiste en la separación de diversos subproductos.

1.5 Manejo Integral de RSU en México

En México fue hasta 2004 (Jefatura de Gobierno, 2004) que estos principios se incluyeron en la Ley General Para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos, en ella se delineó una regulación uniforme sobre el manejo de los residuos sólidos a nivel

nacional, se definieron las etapas o servicios con que se debe de contar para que los residuos sólidos fueran tratados de forma integral desde sus generación hasta su disposición final y/o tratamiento a fin de que durante todo este proceso no causen afectaciones a la salud y el medio ambiente, para lo cual se incluyeron los principios de prevención, protección y responsabilidad compartida.

Los municipios fueron designados como los responsables de realizar el Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) que son aquellos que se generan en las casa habitación y los espacios públicos, el manejo integral consiste en las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, co-procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, como se muestra en la **Figura 5**.

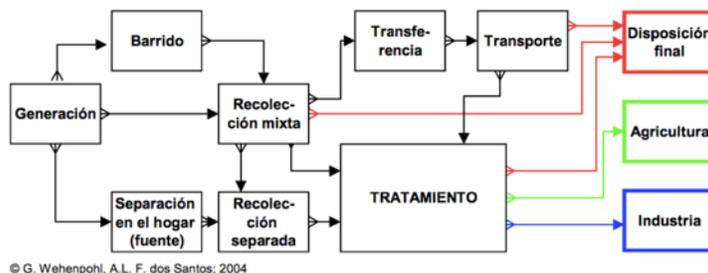


Figura 5. Gestión Integral de los RSU
Fuente: (Wehenpoh & Hernández, 2006)

En materia de residuos sólidos urbanos el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) sintetizó la información obtenida del Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2011(CNGMD), en el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos 2012, que dentro de sus objetivos principales tiene el de proporcionar la información relacionada con el manejo de los RSU (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2012).

Este diagnóstico conceptualiza al manejo de RSU a nivel nacional, como un flujo de materiales que pasa por distintas etapas para llegar desde los sitios en donde se generan los residuos hasta su disposición final, también resalta el hecho que dentro de este esquema no figuran las medidas de reducción o separación que han emprendido algunos gobiernos locales y que del tratamiento de los residuos no existen datos oficiales.

Se estima que la generación anual en México es de 37.5 millones de toneladas que se recolecta el 83.93%, del total de los residuos generados en México, solamente un 60.54% se depositó en rellenos sanitarios, una mínima parte 9.63% se recicla, y el 15.93% se dispone en forma inadecuada en tiraderos a cielo abierto, y de un 13.90% se desconoce su destino **Figura 6** (INECC, 2012).

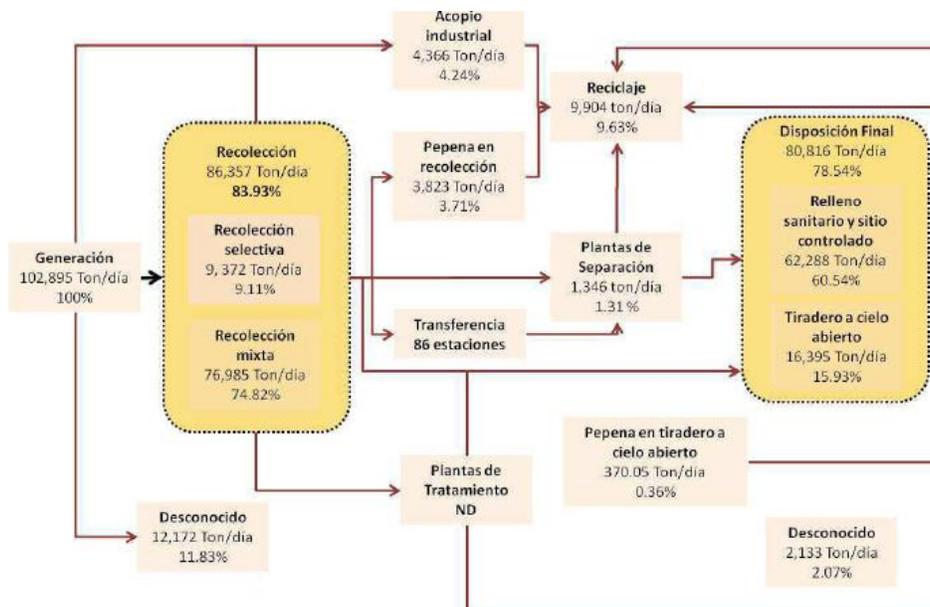


Figura 6. Diagrama Nacional de Flujo de los RSU.
Fuente: (INECC, 2012).

Con los datos presentados por el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos, se concluye que en México se está aún muy lejos de poder cumplir con lo propuesto por la jerarquización en el manejo de residuos sólidos, ya que por mucho sigue predominado la disposición final en rellenos sanitarios por encima de opciones de reducción, reciclaje y tratamiento.

Para que una sociedad sea más sustentable, se requiere de una mayor sofisticación en el manejo de sus residuos sólidos. Los métodos reduccionistas son insostenibles en términos de flexibilidad y planeación a largo plazo (Seadon, 2010).

2 Marco Teórico

2.1 Modelos actuales para Manejo de los RSU

Los primeros modelos para el análisis del manejo de los residuos sólidos se desarrollaron a principios de los años 70, consistían en modelos de optimización, sobre un aspecto particular del manejo y una sola fracción de los RSU, por ejemplo, el diseño de rutas de recolección, o la ubicación de las estaciones de transferencia. Sin embargo, no se consideraban los distintos tipos de RSU y su crecimiento, por lo que se empleaban para la planeación del servicio periodos de tiempo reducidos. Otra característica de los modelos de optimización es que solo consideran los RSU que son recolectados y dejan fuera del análisis aquellos que se reúsan o reciclan, así como las acciones de prevención.

Fue hasta principios de los años 90, que los métodos de reciclaje y los principios de reducción y reúso se incluyeron en los modelos para planear el manejo de los RSU. Estos modelos reflejan también el cambio en las políticas ambientales a nivel mundial, bajo esta nueva visión existen distintos flujos de residuos que según sus características se pueden someter a distintos tipos de tratamientos y no solo el relleno sanitario. Para la selección del modelo más adecuado, se consideran las condiciones económicas y ambientales en la zona de estudio, la principal limitante de este tipo de modelos era la falta información acerca del costo de los distintos tipos de tratamiento que permitiera realizar comparaciones.

Los modelos actuales consideran tanto los aspectos económicos como los ambientales, con objeto de definir qué tratamientos emplear en una ciudad para mejorar la forma en que se manejan los RSU. La eficiencia de los tratamientos depende de la correcta separación de los RSU, por lo que es indispensable la participación de los usuarios y prestadores de servicios para lograr una adecuada separación, por lo cual es esencial que los modelos consideren también los aspectos sociales. Se considera que un manejo sustentable de los RSU, necesita ser ambientalmente efectivo, económicamente viable y socialmente aceptable (Nilsson-Djerf & McDougall, 2000).

Morrissey (2003), considera que los actuales modelos para el manejo de los RSU se pueden clasificar en tres grupos; los basados en los análisis costo beneficio; los basados en el ciclo de vida y los que usan técnicas multicriterio.

Los modelos basados en el análisis costo beneficio, se utilizan para comparar aspectos técnicos y financieros, ya que evalúan los efectos positivos y negativos de un conjunto de escenarios, convirtiendo todos sus efectos en una sola unidad de medida, usualmente en términos monetarios. Sin embargo, para los impactos ambientales, que no tienen un valor monetario, es necesario estimar ese valor. Comúnmente el costo de los impactos ambientales se determina estimando el costo que tendría evitar los impactos ambientales adversos, o bien la cantidad que están dispuestos a pagar los individuos por una mejora ambiental. El análisis consiste en elegir el escenario que tiene los mayores beneficios y el menor costo. La limitante de estos modelos es que no se incluyen los impactos sociales al no existir aún una forma de cuantificar su costo (Morrissey & Browne, 2004).

El análisis del Ciclo de vida es una herramienta que estudia la vida de los productos, desde la adquisición de la materia prima, su producción, uso y disposición final, y determina los impactos ambientales adversos que generan durante todas sus etapas. Aunque la mayoría de los estudios de ciclo de vida, se emplean para la evaluación de qué materiales son los ideales en la creación de productos sustentables, recientemente se ha aplicado esta técnica para comparar distintas estrategias en el manejo de los RSU. El Ciclo de vida tiene la utilidad de proveer una visión general del manejo de los RSU, y combinarlo con otras técnicas de evaluación como, evaluación de productos, servicios y riesgos. Mediante esta técnica se busca identificar la estrategia en el manejo de los RSU que genere los menores impactos al ambiente, para ello se toman en cuenta las emisiones de contaminantes al aire, al agua y al suelo, durante todas las etapas del manejo, recolección, transferencia, tratamiento y disposición final (Morrissey & Browne, 2004).

Las técnicas multicriterio tienen la característica de tomar en cuenta de forma ponderada criterios diferentes y generalmente en conflicto, para llegar a una solución más robusta, que las de una sola dimensión como las de costo beneficio o ciclo de vida. Utilizando un enfoque multicriterio, los tomadores de decisiones aprenden sobre el problema y las posibles alternativas desde distintos puntos de vista. Normalmente se construyen alternativas distintas para el manejo de los RSU, que son evaluadas con distintos criterios, para ordenar las opciones evaluadas de mayor a menor en conveniencia conforme al modelo propuesto (Morrissey & Browne, 2004).

Hasta ahora pocos modelos, se construyen con una perspectiva holísticas sobre el sistema de manejo de los RSU, la mayoría se focaliza en problemas aislados,

Sin importar el modelo que se elija, no puede existir un manejo sustentable sin la adopción de medidas para prevenir la generación, reducir los impactos al ambiente, en forma económicamente viable, tecnológicamente factible y socialmente aceptable de los RSU.

2.2 Desarrollo de modelos para el manejo de RSU países desarrollados

Los modelos actuales para mejorar los sistemas de manejo de RSU, consideran al menos 5 aspectos. A consideración de Marshall & Farahbakhsh (2013) y Wilson (2007) en orden de importancia son: Salud pública, protección ambiental, reducción, reúso y reciclaje (valorización), cambio climático, y conciencia y participación social.

Salud Pública

La principal prioridad de los sistemas de manejo de RSU es la de recolectar y retirar los residuos de las zonas residenciales para proteger la salud de la población, en la mayoría de los países desarrollados esta meta ha sido alcanzada, aunque hasta antes de los años 70 en estos países los residuos se enterraban o se incineraba sin regulación o control alguno de las emisiones contaminantes.

Protección Ambiental

Las políticas en materia de residuos de inicios de los años 70 hasta mediados de los 90 se focalizaron en establecer mayores controles de la contaminación debido al manejo de los RSU para la protección del medio ambiente. Las primeras medidas que se establecieron fueron la compactación y cubierta de los RSU en los rellenos sanitarios, mientras que en los incineradores en un inicio se focalizó el control de polvos por precipitación electrostática.

Las políticas relacionadas con el manejo de los RSU, aún están enfocadas a incrementar los estándares técnicos para reducir las emisiones contaminantes, como es el caso del tratamiento de los lixiviados y aprovechamiento del biogás en el relleno sanitario, o la incineración de los gases para la eliminación de dioxinas, las regulaciones se relaciona con el control de los olores en las plantas de compostas y los tratamientos de digestión anaerobia (Wilson D. C., 2007). Durante este periodo se hizo evidente que el incremento en las regulaciones para la portación ambiental no es suficiente; es necesario contar con regulaciones que además de tomar en cuenta los aspectos técnicos y ambientales, se incluyan también los políticos, sociales, financieros, económicos e institucionales del manejo de los RSU para que se pueda lograr la protección del medio ambiente (McDougall et al., 2001; Van De Klundert & Anschütz, 2001).

Valorización

Antes de la revolución industrial, la recuperación y reutilización de los residuos sólidos era algo común. Cualquier cosa que pudiera venderse o repararse era recuperada por los consumidores antes de desecharlos como residuos, el mayor porcentaje en el reciclaje y reuso se alcanzó durante el siglo XIX. Mientras que posterior a la revolución industrial, debido al incremento constante en el consumo de productos y materiales de primer uso, y poca preocupación por la explotación de los recursos naturales se llegó a los porcentajes mínimos de reciclaje y recuperación. Estas actividades se relegaron a los sectores de la población con menores ingresos como los pepenadores y compradores callejeros, situación que en los países en vías de desarrollo aún se mantiene (Marshall & Farahbakhsh, 2013).

Esta tendencia a la baja se mantuvo hasta inicios de los años 70, cuando en los países desarrollados dieron inicio los movimientos ambientalistas en busca de la preservación de los recursos naturales. Las primeras acciones fueron emprendidas por la Comisión de las Comunidades Europeas en el Segundo Programa de Acción Ambiental, en donde se estableció la jerarquía en el manejo de los residuos sólidos, las cuales se establecieron en orden de importancia como: prevención, reuso, reducción, reciclaje, recuperación de energía (como incineración), tratamiento, y finalmente la disposición final. Esta acción en conjunto con el incremento en el valor de la tierra, impulsó el empleo de nuevas opciones de tratamiento de residuos como la incineración.

La jerarquía en el manejo de los residuos provocó en Europa una transición masiva de los sistemas de manejo de residuos enfocados en la disposición final, a centrarse en la prevención. Nuevos conceptos surgieron derivados de esta acción (prevención de la contaminación, reducción de residuos, tecnologías limpias) en sustitución de los antiguos que se enfocaban en el control de la contaminación en lugar de la prevención (Hirschhorn, Jackson, & Baas, 1993).

Los porcentajes en el reciclaje durante la segunda mitad del siglo XX se incrementaron en Europa hasta alcanzar más de un 25 % de total de residuos que se generan, sin embargo, no sucede lo mismo con los niveles de mayor prioridad como la prevención y minimización de los residuos, ya que los encargados de los sistemas de manejo de residuos poca influencia tienen sobre las decisiones de producción y consumo.

Cambio climático

Una de las más recientes prioridades en el manejo integral de los residuos sólidos es el cambio climático, con objeto de disminuir las emisiones de gases con efecto invernadero en el manejo de los residuos. Para reducirlos se evita que los residuos biodegradables se envíen a los rellenos sanitarios, en los cuales son la principal fuente de emisión de metano, además de focalizarse en los tratamientos con recuperación de energía de los residuos (Wilson D. C., 2007).

Para logra disminuir la emisión de gases con efecto invernadero en el manejo de los residuos sólidos, en Europa se han establecido políticas y normas para aumentar la proporción de residuos que se recicla o se envía a composta, y con ello disminuir la cantidad que se envía a los rellenos sanitarios. La EEA fijó como meta a los países miembros que para el año 2030 solo el 10% de sus residuos se envíen a Rellenos Sanitarios.

Para logra una reducción significativa de los gases con efecto invernadero, es necesaria la participación del conjunto de naciones, lo que enfrenta la falta de un consenso mundial en cuanto a las acciones para disminuir los niveles de bióxido de carbono después del 2102, y el poco efecto de los esfuerzos individuales que permitan a este factor ser clave en los sistemas de manejo de residuos sólidos.

Conciencia social y participación

La participación y la conciencia social son un factor clave en el manejo de los residuos sólidos en los países desarrollados, las malas prácticas desarrolladas durante el siglo XX (como los tiraderos y la incineración sin control), dejó una percepción negativa en la población acerca del manejo de los residuos sólidos. Aun cuando existe actualmente una mayor preocupación por contar con tratamientos y opciones de manejo que generen un menor impacto al ambiente, las experiencias negativas del pasado generaron un rechazo en la mayor parte de la población a la implementación de cualquier tipo de tratamiento de residuos sólidos en su comunidad sin importar que tan limpio o sustentable sea. Por sus siglas en ingles a este fenómeno se la identificó como NIMBY (Not In My Back Yard),

lo cual ha propiciado que la implementación de un nuevo tratamiento dentro de un sistema de manejo de residuos sólidos sea rechazado en primera instancia por la población (Marshall & Farahbakhsh, 2013).

La forma en que las actividades públicas están sistematizadas crea barreras complejas para logra un comportamiento sustentable en la sociedad. Las acciones encaminadas a la reducción y reciclaje de una mayor parte de los RSU se enfrentan a las costumbres de la población, falta de hábitos y conocimientos, así como las expectativas sociales y culturales acerca del reciclaje, ya que hasta mediados del siglo pasado la población que realizaba las acciones de reúso y reciclaje de residuos eran las que tenían las condiciones socioeconómicas más desfavorables.

Por estos motivos cualquier modificación en los sistemas de manejo de residuos no es bien recibida por la población. Para lograr vencer estas ideas preconcebidas es necesaria una buena comunicación, que logre un conocimiento amplio en la población de los requerimientos de los sistemas de manejo de residuos sólidos, con la participación activa de los involucrados (Schübeler, Wehrle, & Christen, 1996).

Es necesario considerar que la percepción negativas acerca del manejo de los residuos, no solo se ve reflejada en la población, sino también sobre los profesionales dedicados a la planeación y diseño de los sistemas de manejo de residuos sólidos, los cuales son escasos, por ejemplo, la asociación internacional de residuos sólidos en el Reino Unido UK ISWA por sus siglas en ingles se creó en 1897 pero fue reconocida, como un cuerpo de profesionales hasta el año 2002 (Wilson D. C., 2007).

Logar la sustentabilidad en el manejo de los residuos sólidos, implica que el sistema propuesto sea comprendido y empleado por la sociedad y sus comunidades. En otras palabras el sistema, es apto para las circunstancias particulares y problemas de la ciudad, empleando y desarrollando las capacidades de los involucrados en el manejo de los residuos sólidos, incluidos las habitantes y comunidades que requieren el servicio, empresas del sector privado (formales e informales) y agencias gubernamentales en los tres niveles de gobierno (Schübeler et al., 1996).

2.3 Desarrollo de modelos para el manejo de RSU países en desarrollo

Aun cuando en los países en vías de desarrollo, existe un avance significativo en cuanto al manejo de sus RSU, su prioridad es la recolección de los residuos y su disposición fuera de las zonas urbanas, y en las regiones con climas tropicales, en realizar la recolección de los residuos diariamente, por lo que es común que el servicio de recolección consuma de un 10 hasta un 20% del presupuesto de las ciudades, ya que los RSU aún son uno de los principales problemas de salud causantes de enfermedades contagiosas (Wilson D. C., 2007).

En los países en vías desarrollo la preocupación por la protección ambiental, es escasa en la agenda pública y política, aunque empieza a existir un cambio, en las legislaciones de estos países que incluye ya la clausura o regulación de los sitios de disposición final

para que todos operen como rellenos sanitarios. En el caso de México esto sucedió con la publicación de la NOM-083-SEMARNTA-2003, en la cual se estipula que todos los municipios del país deben contar con un relleno sanitario con la infraestructura adecuada para el control de los lixiviados y biogás, y en caso de no tenerlo planteaba un periodo de transición para alcanzar esta meta entre los años de 2004-2006, a la fecha este objetivo no se alcanzado, ya que solo 60.54% de los residuos se dispone en un Relleno Sanitario (INEEC, 2012), sin embargo, la publicación de esta norma, permitió orientar la inversión en infraestructura hacia la adecuada disposición final que es la principal fuente de contaminación para el manejo de los RSU.

En cuanto a la valorización de los residuos si bien no se encuentra en la agenda política y legislativa como medio para la protección ambiental, es una prioridad en estas regiones para el sector informal ya que el reciclaje resulta ser un medio de vida en estos países. En particular en la CDMx el 47.69% de los trabajos de limpia son voluntarios y subsisten de los materiales que reciclan y/o de las propinas que obtienen por los servicios prestados.

Existen similitudes entre el desarrollo histórico de los sistemas de manejo de RSU en los países desarrollados y las trayectorias que siguen los países en vías de desarrollo. Las ciudades de los países en vías de desarrollo se enfrentan a los mismos problemas que los países desarrollados en el siglo XIX, crecimiento urbano y condiciones sanitarias deficientes, que provocaron durante el siglo XIX niveles sin precedentes de morbilidad y mortalidad que afectaron a la mayor parte de la clase trabajadora, debido a los inadecuados servicios sanitarios, como drenaje, disposición de residuos e insuficiente suministro de agua (Konteh, 2009).

Aunque existe similitud en el desarrollo de los sistemas de manejo de residuos sólidos en los países en vías de desarrollo y desarrollados, el contexto de los países en vías de desarrollo es radicalmente distinto, ya que además de las deficiencias en el manejo de los residuos, sufre de una altísima inequidad y una lucha constante por lograr crecimiento económico, que evitan que se tenga certeza en cuanto a los aspectos económicos, políticos y sociales, esto aunado a las influencias de los países desarrollados, crea una inmensa complejidad en los retos que enfrentan los países en desarrollo. En los países en vías desarrollo las mayores áreas de oportunidad para la mejora en el manejo de los residuos sólidos se encuentran en los aspectos organizacionales, sociales, económicos de su contexto. El desarrollo o aplicación de tecnologías limpias para la protección del medio ambiente para cumplir con la jerarquización en el manejo de los residuos sólidos no es prioritario como en los países desarrollados.

Urbanización inequidad y crecimiento económico

Las zonas urbanas se han expandido aceleradamente y a gran escala en las últimas décadas, mientras que a inicios del siglo XX solo existían 16 ciudades en el mundo con más de un millón de habitantes principalmente en los países desarrollados, a inicios del siglo XXI 400 ciudades contenían más de un millón de habitantes y las tres cuartas partes de estas se encuentran en países en vías de desarrollo. El acelerado crecimiento urbano

sin planeación y su extensión, han colapsado las capacidades nacionales y municipales para que los sistemas de manejo de residuos crezcan en la misma proporción que las zonas urbanas manteniendo un mismo nivel de servicio, esta combinación entre la falta de planeación en las zonas urbanas y acelerado crecimiento ha tenido un efecto desastroso en el manejo de los residuos sólidos. La falta de planeación en la traza urbana, provoca que no se cuente con vialidades adecuadas lo que impide la adecuada circulación de los vehículos recolectores y la colocación de contenedores para residuos sólidos, además de que por su alta densidad urbana se carece de espacios en estas ciudades para contar con instalaciones en las cuales se pueda llevar a cabo, el compostaje de residuos o disposición final de los residuos (Marshall & Farahbakhsh, 2013).

En el caso de la CDMX, se puede ver reflejado en el hecho que los servicios relacionados con el manejo de los residuos han crecido solo a la par del crecimiento de la generación, y no se han diversificado sus opciones de disposición final y tratamiento sino que al contrario, la ciudad ya no tiene espacio para llevar a cabo la disposición final de los residuos y estos se envían cada vez más lejos de la ciudad, y las instalaciones en donde se realiza la mayor parte del compostaje esta fuera de los límites de la ciudad.

Aspectos socioculturales y económicos

La estructura y funcionamiento de los sistemas de manejo de los residuos sólidos se basan en los patrones de comportamiento y las actitudes subyacentes de la población, factores que son moldeados por la cultura social y el contexto (Schübeler et al., 1996).

La diversidad social que existe en las ciudades y/o zonas habitacionales que han crecido aceleradamente, tiene una gran influencia sobre la capacidad de las municipalidades para implementar nuevas estrategias en el manejo de los RSU. La participación y actitudes sociales acerca de los residuos, impacta sobre la forma en que se almacenan o separan, el interés que se tenga por la reducción de residuos, la demanda por los servicios de recolección, la disposición a pagar por el manejo de los RSU, la oposición para la localización de instalaciones para residuos, la cantidad de residuos en las calles. Este conjunto de características sociales determinan el éxito o fracaso de un sistema de manejo de RSU. En el mundo árabe y en Latinoamérica, las oportunidades para fortalecer las instituciones que manejan los residuos sólidos son escasas ya que la población considera que esta actividad no es una profesión honorable (Schübeler et al., 1996).

El reciclaje y reusos en los países en vías de desarrollo, depende del valor que les dan los individuos a los objetos, el sector informal es quien realiza esta actividad, ocasionando que, dependiendo de las costumbres, algunos materiales como los que tienen más valor para ellos no entren al flujo de residuos.

Existen distintas expectativas del sistema de manejo de RSU en función de las costumbres de la población y por lo tanto de la composición de los residuos. En el caso

de los servicios de recolección se espera una mayor frecuencia de los servicios de recolección en las zonas en que se consume comida que genera malos olores como el pescado, particularmente en climas cálidos. La disposición también se ve afectada por las costumbres sanitarias de la población, mientras que una parte de la población deposita su RSU en los contenedores o espera a entregarlos a los servicios de recolección, algunos consideran como un despisto apropiado de los RSU las calles de su localidad (M. Coffey & Coad, 2010).

Contexto político

El contexto político juega un rol primordial en los sistemas de manejo de RSU. La estructura, funcionamiento y responsabilidades en los sistemas de manejo de residuos, se altera por la relación existente entre los gobiernos centrales y los locales con agendas políticas distintas. En los países en vías de desarrollo el mayor reto está en encontrar el balance adecuado entre, las políticas públicas, gobernanza y los mecanismos institucionales para la provisión y asignación de recursos (Konteh, 2009).

El desarrollo de las políticas públicas en materia de RSU, requiere de un proceso democrático, a fin de establecer las metas en el manejo de los residuos sólidos considerando las prioridades de los ciudadanos. La debilidad de las políticas públicas es una de las constantes fallas en el sistema de manejo de residuos sólidos en muchos países emergentes, como una consecuencia de una inadecuada planeación e implementación de políticas poco realistas. En las ciudades de los países en desarrollo las medidas correctivas son difíciles de alcanzar, ya que no son las adecuadas en su contexto, los esfuerzos entre los involucrados no son bien coordinados, y los recursos invertidos en el sector no son los adecuados.

Además, el manejo de los residuos sólidos no siempre es una de las principales prioridades para los encargados del desarrollo de políticas públicas a nivel local y central, existen otros asuntos con mayor urgencia social y política que deben de ser atendidos, dejando poco presupuesto para el manejo de los residuos sólidos. Además de que existe una falta de compromiso en los proyectos de largo término, los proyectos relacionados con el manejo de los residuos sólidos se pueden dejar de lados cuando existe un cambio de partido político en las autoridades locales.

En todos los centros urbanos alrededor del mundo, cualquier forma que tenga que ver con el medio ambiente, requiere de una acción política intensa, para conciliar los intereses que se generan, la competencia por las ubicaciones más ventajosas, como el derecho al uso de los recursos naturales, la operación de los sitios de disposición, y la infraestructura con que se cuenta para la prestación de los servicios públicos, la resolución de estos conflictos ha ganado relevancia, originando un cambio en la literatura de desarrollo urbano, de “gobierno”, que se focaliza en el rol, responsabilidades y desempeño de las instituciones gubernamentales, a “gobernanza”, que adicionalmente considera la relación que existe entre el gobierno y la sociedad civil. Una buena gobernanza requiere de la participación y colaboración de los actores más relevantes,

incluidas las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, grupos comunitarios y el sector privado.

En los países emergentes existe una ausencia de instituciones y estructuras con una adecuada gobernanza, como son institutos de investigación política públicos, legislación sobre acceso a la información, autonomía, auditorías generales y academias políticas. Esta falta de estructuras democráticas y competencia genera en los gobiernos locales barreras para un adecuado manejo de los residuos sólidos. Las autoridades locales basan sus decisiones en función de los intereses de sus partidos para mantenerse en el poder (Henry, Yongsheng, & Jun, 2006).

En la CDMx, una de las 13 estaciones de transferencias de la ciudad, está fuera de servicio desde el 2013 por quejas de los vecinos, y a la fecha no se ha logrado su reapertura, ya que la alcaldía de Miguel Hidalgo y las autoridades de la CDMx no han logrado dar solución a este conflicto, la alcaldía exigen la reubicación de la estación y el gobierno de la CDMX argumenta no tener recursos económicos para atender esta petición, sin embargo, ninguno de los involucrados ha buscado alguna otra alternativa, la mayor afectación la padecen la población por el retraso en el servicio de recolección al incrementarse las distancias de recorrido.

El adecuado manejo de los RSU requiere que exista una definición clara de las atribuciones y responsabilidades de las instituciones y cuerpos de gobierno, para evitar controversias, ineficiencia, inacción y hacer que los sistemas de manejo de RSU sean políticamente inestables. Aun cuando existe un marco legal regulatorio, los gobiernos con estructuras institucionales débiles, son fácilmente sobrepasadas por el incremento en la demanda del manejo de los RSU cuando la población crece (Konteh, 2009).

Según Schübeler (1996), los aspectos institucionales que se deben de considerar en el manejo de los residuos son:

- El grado de centralización de las atribuciones en el manejo de los residuos sólidos, que tiene que ver como se distribuyen las responsabilidades y las funciones entre los gobiernos centrales y locales.
- La estructura institucional responsables del manejo de los residuos y como interactuar con otros servicios urbanos.
- Procedimientos para la planeación y gestión.
- Coordinación con otros sectores, incluidos el sector privado y los grupos comunitarios para el manejo de los residuos sólidos.

En los países emergentes una de las principales preocupaciones es la debilidad institucional, ya que se carece de normas estrictas para regular el manejo de los RSU, esenciales para un funcionamiento adecuado del sistema. Por ejemplo el principio de que “el que contamina paga”, es una política inadecuada en países emergentes ya que los generadores tiene la opción de disponer sus residuos de forma ilegal, sin una consecuencia inmediata. De la misma forma la falta de información existente acerca de la cantidad y composición de los residuos y el desconocimiento de la forma en que opera

el sector informal dificulta la implementación de nuevas opciones de manejo. Otra constante en los países emergentes es la falta de recursos económicos para el manejo de los RSU, debido a una combinación de presupuestos municipales ineficientes, inadecuadas tarifas a los generadores, y una mal administración de los recursos. De acuerdo con estimaciones del Banco Mundial, en los países emergentes las municipalidades destinan del 20 al 50% de su presupuesto al manejo de los residuos, que en ocasiones solo es suficiente para atender al 50% de la población. En contraste con los países desarrollados donde la mayor parte del presupuesto se destina al tratamiento y la disposición final, en los emergentes el mayor presupuesto se destina a la recolección (M. Coffey & Coad, 2010; D. C. Wilson, Rodic, Scheinberg, Velis, & Alabaster, 2012).

Muchos de los problemas estructurales en los países emergentes suceden dado que la recaudación de tarifas e impuestos relacionados y las decisiones sobre inversión se da a nivel central, mientras que la operación y el mantenimiento ocurre a nivel local, por lo regular en los municipios se tiene un exceso de personal, sin la capacitación suficiente en los niveles operacionales y gerenciales.

Influencias internacionales

Ante la falta de políticas bien delineadas, las instituciones de financiamiento internacional actúan como un factor de desarrollo en el manejo de los RSU, en los países emergentes. Las instituciones de financiamiento internacionales, en materia de residuos se enfocan en apoyar proyectos, que permitan fortalecer la política ambiental, robustecer las capacidades institucionales, mejorar la gobernanza y fomentar la participación del sector privado, para mejorar el manejo de los RSU en países emergentes. Sin embargo, su atención se centra en otorgar financiamiento para la adquisición y construcción de infraestructura y no en su operación, que resulta muchas veces incosteable para los países emergentes. Ya que no existe una adecuación previa de ese equipamiento al contexto en cantidad y composición de los RSU que son muy distintos en los países emergentes, por lo que los mecanismos y partes con los que están hechos no son apropiados para las condiciones locales. Además, que no se tiene en las municipalidades personal lo suficientemente capacitado para su operación. Existe evidencia que muchos proyectos realizados con financiamiento internacional, como plantas de composta sofisticadas o de separación han fallado por muchas razones: uso inapropiado de los equipos, tecnología importada costosa y difícil de mantener; falta de mercados para los residuos reciclables; falta de personal capacitado para la operación y administración; falta de recursos para la operación; y falta de consenso en la implementación de los proyectos entre los usuarios y los prestadores de servicio.

Cantidad y Composición de los RSU

Un común denominador en los países emergentes es que la composición de los RSU es muy distinta a los países desarrollados, por lo que el uso de tecnologías probadas de recolección y disposición final provenientes de los países desarrollados, resultan muy costosas y difíciles de mantener y operar por las características distintas de los RSU,

ocasionando que los equipos tengan un desgaste mayor y un menor uso. A esto se adiciona que en los países emergentes la tasa de crecimiento de los RSU es mayor a la de los países desarrollados, provocando que las tecnológicas que se incorporan sin una adecuación previa a las condiciones de la región en poco tiempo estén fuera de operación, por lo costoso de las reparaciones y/o de su mantenimiento (M. Coffey & Coad, 2010; Henry et al., 2006).

En la **Figura 7** se muestran los factores claves que han propiciado el desarrollo de los modelos para el manejo de los RSU en los países desarrollados y en vías desarrollo, y en la **Figura 8** se muestran los factores claves que se requieren identificar para el desarrollo de un modelo para el sistema de manejo de RSU en la CDMx.

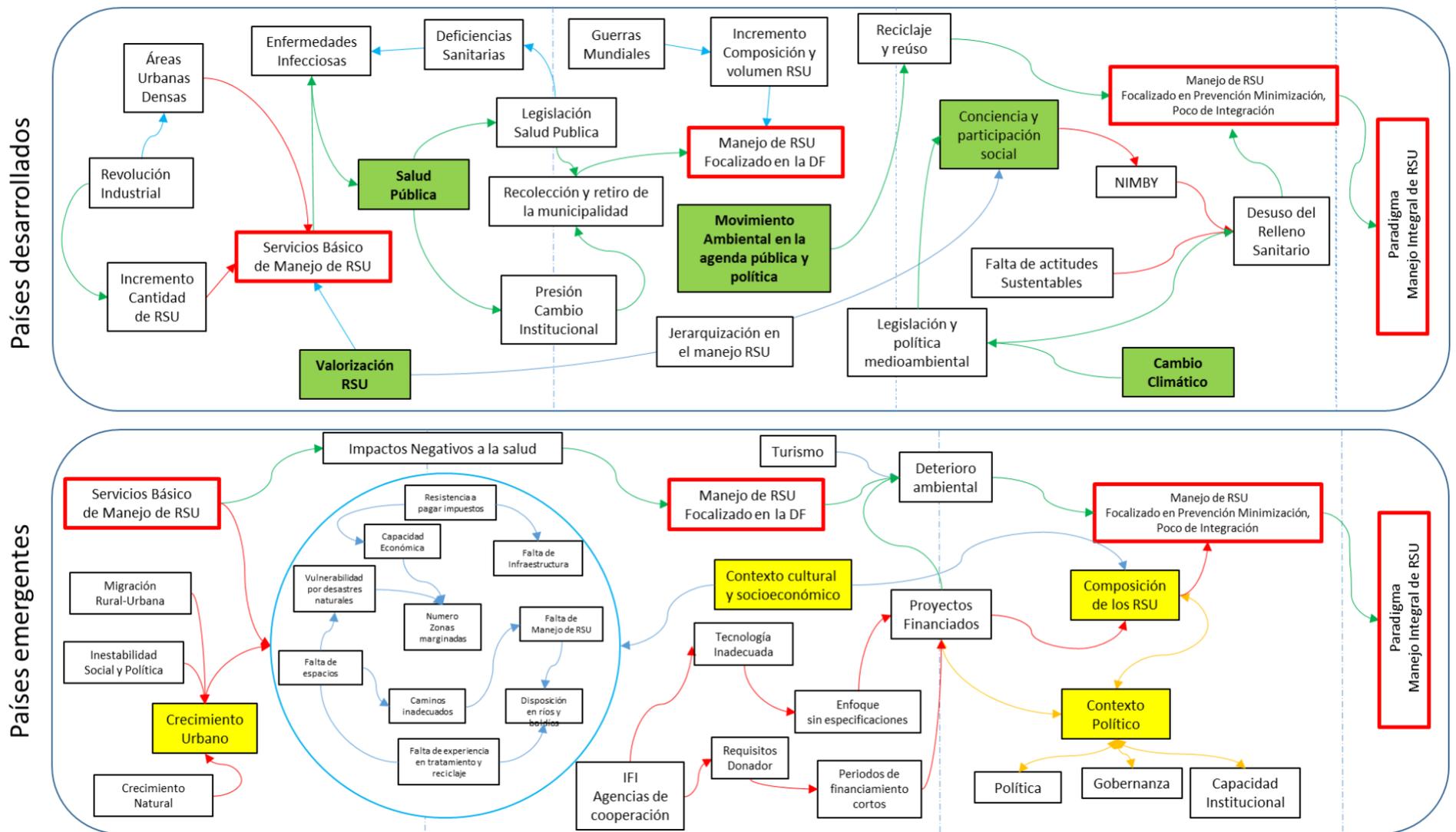


Figura 7. Factores Clave y Desarrollo de los Sistemas de Manejo de RSU

Fuente: (Marshall & Farahbakhsh, 2013)

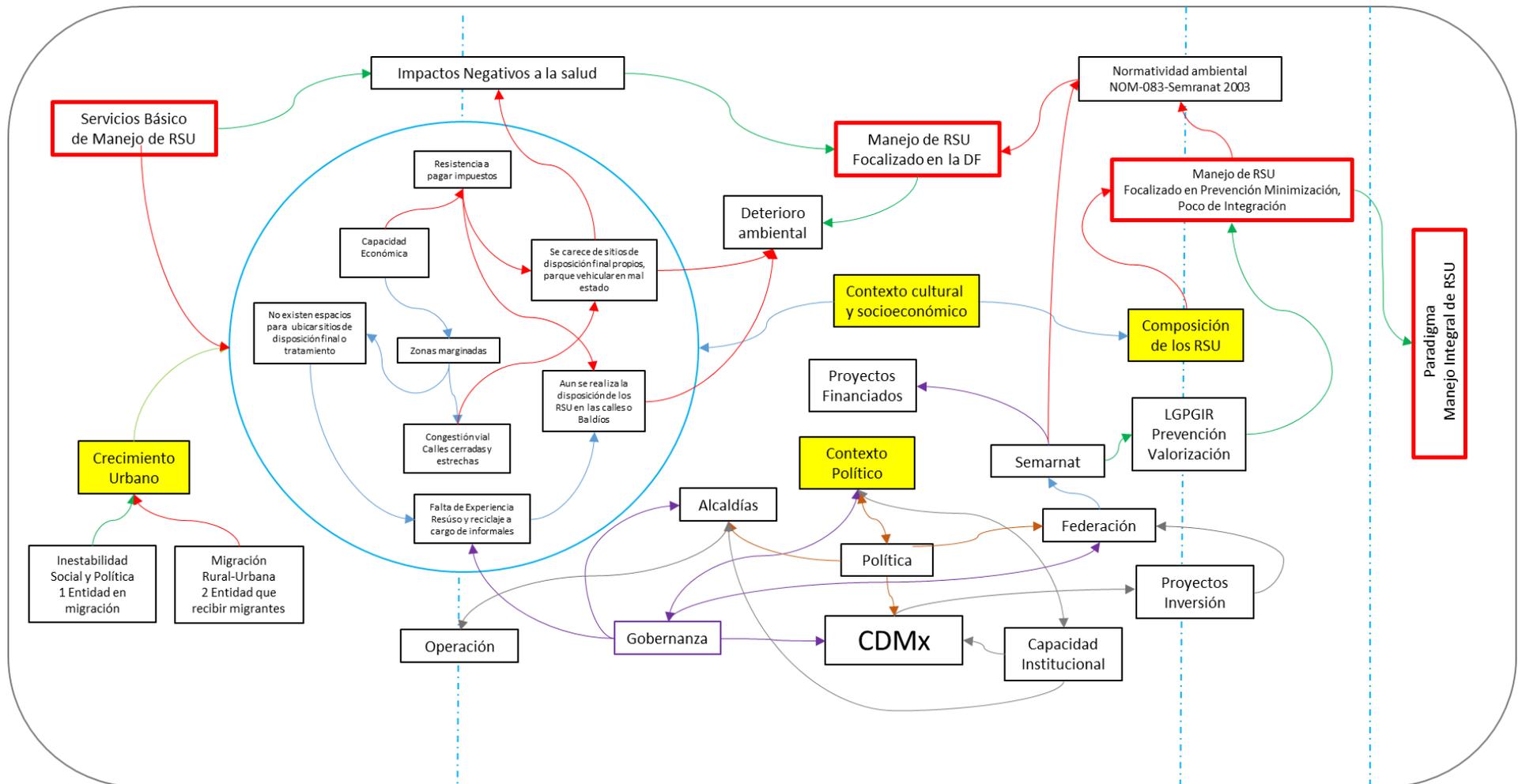


Figura 8. Factores Clave y Desarrollo de los Sistemas de Manejo de RSU en la CDMx
 Fuente: Elaboración propia.

2.4 Manejo Integral Sustentable de Residuos (MISR)

El "Manejo Integral Sostenible de Residuos" (MISR) es una forma sistemática de pensar y considerar la gestión de residuos. Este enfoque proporciona información sobre aspectos que comúnmente no se consideran esenciales, como los aspectos ambientales, sociales y legales; las partes interesadas: recicladores, pequeñas empresas, jefas de hogar; y elementos prácticos o técnicos del sistema de gestión de residuos, incluida la prevención, la reutilización y el reciclaje (Van De Klundert & Anschütz, 2001).

MISR tiene tres dimensiones principales: (1) las partes interesadas involucradas en la gestión de residuos, (2) los elementos (prácticos y técnicos) del sistema de residuos, y (3) los aspectos del contexto local que deben tenerse en cuenta al evaluar y planificación de un sistema de gestión de residuos (Van De Klundert & Anschütz, 2001).

El concepto MISR distingue seis componentes, a través de los cuales se puede evaluar el sistema de residuos existente y con el que se puede planificar un sistema nuevo o ampliado. Los aspectos de MISR le dan al administrador municipal un conjunto de herramientas para determinar, estudiar y equilibrar prioridades y crear medidas para dar los resultados deseados. Los componentes físicos de MISR son: protección de la salud, protección al medio ambiente y valorización (3 R's). Mientras que los componentes de gobernanza son: fortaleza institucional y políticas proactivas, viabilidad financiera e inclusión de usuarios y proveedores de servicios.

Las tres dimensiones y los seis componentes del MISR se pueden resumir en dos triángulos: el primero representa el "hardware" o los elementos físicos de los sistemas de residuos, y el segundo "el software" o la gobernanza, ambos en el marco del contexto local como se muestra en la **Figura 9**.

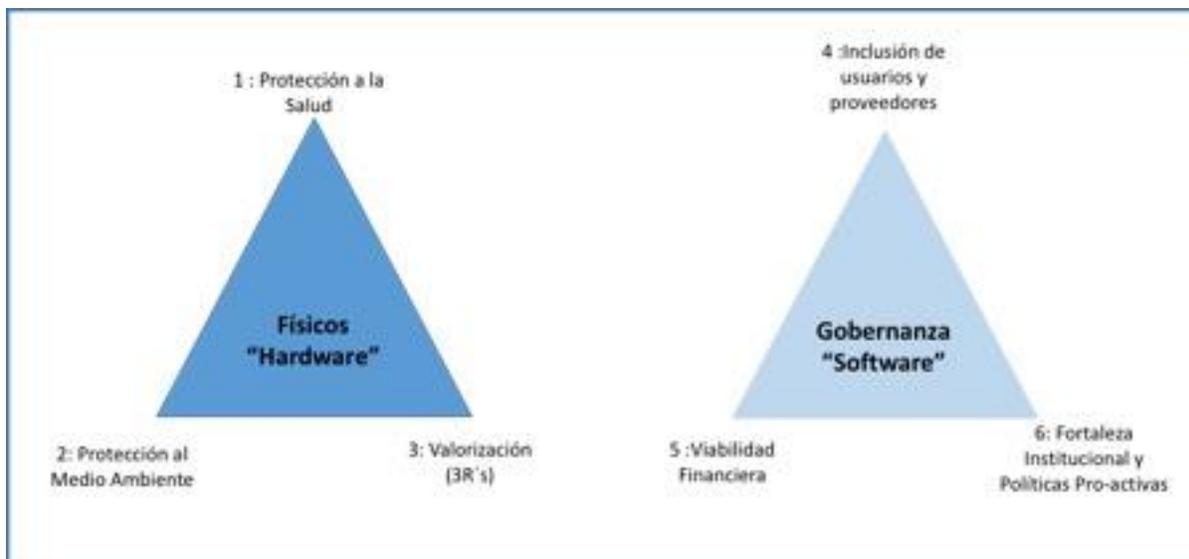


Figure 9. Elementos y dimensiones del MISR

Fuente: (Mavropoulos, 2010).

La característica más importante del concepto MISR es que demuestra el rendimiento de una ciudad en los resultados de gestión de residuos (exactamente como el rendimiento de una PC) a partir del comportamiento holístico emergente del hardware combinado con el software adecuado. No importa qué tan bueno sea el software, se entregarán pocos o incluso ningún resultado si el hardware es problemático y viceversa (Mavropoulos, 2014).

2.5 Innovación Social para el Manejo de RSU

2.5.1 Innovación

El autor fundante del concepto de la Innovación Schumpeter (1939), la describe como una secuencia holística e integral de los aspectos económicos y sociales más importantes, solo puede hablarse de innovación si, por una lado, la invención o descubrimiento generado en el ámbito científico entra efectivamente en el mundo empresarial, incorporándose a procesos productivos, métodos organizativos y productos que posteriormente van a difundirse en el tejido social a través del mercado, y si por, otro, es posible contrastar un cambio significativo con una determinada finalidad. Actualmente la referencia más aceptada es la propuesta por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económica (OCDE), en el Manual de Oslo (1997), donde se afirma que la innovación no es un fin en sí mismo sino un medio para que crezca la producción y la productividad, y que contribuye a incrementar la competitividad de una empresa, a reducir los costes de producción y a estar presentes en nuevos mercados.

De una manera general se podría decir que, en la reflexión de la disciplina económica, la innovación es un proceso complejo que lleva las ideas del mercado en forma de nuevos o mejorados productos o servicios, para el bienestar de las personas y la sociedad. Este proceso estaría compuesto por dos vertientes: la primera, especializada en el conocimiento, mientras que la segunda se dedica fundamentalmente a su aplicación, para llegar a convertir las ideas que surgen de ese conocimiento en un proceso, un producto o un servicio que incorpore nuevas ventajas para el mercado. No necesariamente secuenciales, a la vez que presentan múltiples interconexiones entre ellas (Hernández-Ascanio, Tirado-Valencia, & Ariza-Montes, 2016).

2.5.2 Innovación Social

Las innovaciones en el campo social surgen en condiciones adversas, en entornos en los que el mercado no ha ofrecido alternativas ni el sector público ha respondido a las necesidades y reclamos de la población, siendo los promotores las organizaciones de la comunidad y las no gubernamentales. Por este motivo, muchas veces su puesta en práctica encuentra obstáculos al intentar trascender el ámbito local en que se originan o multiplicar el número de beneficiarios. Los encargados de formular e implementar las políticas públicas deberían vincularse con estas innovaciones, facilitar su concreción y recoger sus aportes a la reducción de las brechas económicas, sociales culturales y políticas. Lo que requiere del surgimiento y la multiplicación de las innovaciones en el campo social, y esto solo puede lograrse mediante su difusión. En efecto, por su origen, las innovaciones en ese campo aspiran a tener una gran repercusión, pero en una esfera

limitada. El interés de los innovadores es hacer frente a las necesidades del grupo específico hacia el que se dirige su proyecto y su innovación, y es en ese ámbito específico que se mide su éxito. La mayoría de las innovaciones del campo social son readaptaciones creativas en procesos y contextos distintos a los originales

La Innovación Social, se enfoca más a la aplicación que al conocimiento, tiene una multitud de definiciones, existe una ausencia de acuerdo, pues no es posible discernir en muchos casos si se trata de productos, políticas públicas, formas organizativas de la sociedad civil, o todas ellas. Por lo que el término de innovación social es difuso, ambiguo y polivalente, aunque no existe una definición desde el ámbito académico y de la práctica social, sí existe un acuerdo tácito compartido acerca de cuáles son los rasgos que deben de estar presentes en esta denominativo, refiriéndose a cinco dimensiones conceptuales (Hernández-Ascanio et al., 2016), que se describen en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Dimensiones de la Innovación social

Dimensión de la Innovación Social	Descripción	
Gestor principal	Actor principal encargado de liderar el proceso de innovación social, se han identificado como principales referentes al emprendedor social, la sociedad civil organizada o la administración pública, a los que se añade un nuevo tipo, que es la consideración de actores múltiples que llevan a cabo la acción de una manera colaborativa.	
Objeto principal	Cubrir una necesidad social, dar respuesta a una demanda socialmente definida o posibilitar una transformación social	
Capacidad de transformación social	Producir cambios en más de un ámbito social, interconectando diferentes esferas sociales. Cuanto más profundo y difundido sea el cambio social mayor será la capacidad de transformación social.	
El ciclo de proceso	Reflexión y sistematización acerca de los diferentes elementos y acciones que intervienen o deben estar presentes en un proceso de innovación social	
Implicación disciplinar o dimensión predominante	La importancia concedida a alguno de los elementos económicos, políticos o sociales.	Ciencia Económico-Gerencial: Se concibe como un proceso cuyo objetivo principal es contribuir con nuevas soluciones a problemas sociales no resueltos (Lévesque, 2012), fundamentalmente centrado en la innovación organizacional, así como en los rendimientos progresivos de su institucionalización, basados en la eficacia, la eficiencia y la economía.
		Políticas Públicas: Es la tendencia dominante, como la búsqueda de una redefinición del bien común y el bienestar de la población. Desde la política se conforman las iniciativas o programas marco de la innovación social, ejerciendo un liderazgo público, que integra los paradigmas de la administración pública: el burocrático, de la nueva gestión pública y la gobernanza.
		Estudios Sociales: Se presta especial atención a las relaciones con los entornos socioculturales concretos, ahonda en los contextos geográficos, históricos y políticos de las regiones, a fin de identificar cuáles serían los patrones culturales que se presentan como factores relevantes del éxito y el fracaso de las innovaciones. Los roles, las relaciones, las normas y los valores son categorías de investigación especialmente relevantes.

Fuente: (Hernández-Ascanio et al., 2016).

La innovación social, requiere entonces que se considere, más que el invento original, el origen y el destino de cada nueva aplicación. Es decir, que se conciba la innovación social más como un proceso que como un hecho o un acontecimiento; que se considere más la praxis que genera el cambio y es capaz de sostenerlo en el tiempo y el espacio, ya que la mayoría de las innovaciones del campo social son readaptaciones creativas en procesos y contextos distintos a los originales. Una vez identificadas, las innovaciones sociales deben ser sistematizadas para que sean útiles a los comunicadores, diseñadores de políticas (especialmente públicas), y gestores e innovadores del campo social.

2.4.3 Innovación en el Manejo de los RSU

El incremento en la generación y la complejidad de la composición de los RSU, ha provocado una severa degradación de la calidad del aire, del agua y de la salud pública, y también contribuyen al cambio climático debido a la emisión de gases con efecto invernadero como el metano. Un manejo eficiente y efectivo de los RSU es una de las necesidades sociales más importantes a nivel mundial, especialmente en las zonas urbanas. El paradigma actual en el manejo de los RSU es lograr la minimización mediante la reducción en la fuente, la diversificación de tratamientos, y desuso del relleno sanitario e incineración que no aprovechan todos los tipos de RSU. Esta nueva tendencia, pone en un segundo plano el desarrollo tecnológico, y requiere de la inclusión de todos los actores involucrados, incluyendo fabricantes de productos, instituciones de gobierno, empresas privadas y habitantes. Por lo anterior, el éxito en el manejo de los RSU de una región, no solo depende de la innovación tecnológica, sino que está influenciada significativamente por la innovación social, que permita lograr una transformación social, en la participación pública, las políticas públicas, así como la actitud y comportamiento de la población en relación al manejo de los RSU (Ma & Hipel, 2016; Vergara & Tchobanoglous, 2012)

Las nuevas tendencias para el manejo de los RSU establecen que para logra un sistema integral, se debe además de incluir a todos los actores involucrados, desarrollar nuevas relaciones entre las dependencias de gobiernos, los informales, organizaciones no gubernamentales y el sector privado, de forma que se tengan responsabilidades compartidas en cuanto al manejo de los RSU, esta transformación requiere de integrar las variables tecnológicas, económicas, culturales, sociales y ambientales en el manejo de los RSU. Un modelo de toma de decisiones sustentable necesita tomar no solo en cuenta los factores económicos, ambientales y sociales simultáneamente, sino también incorporar la participación pública en el proceso de toma de decisiones desde el principio al fin (Ma & Hipel, 2016).

2.5 Estado del arte de los modelos para el manejo de RSU

Manejo integral de Residuos

Año	Autor	Revista	Título	Perspectiva	Aspectos Relevantes	Citas
2004	(Morrissey & Browne, 2004)	Waste Management	Waste management models and their application to sustainable waste management	Ingeniería Ambiental	Reseña histórica de los modelos aplicados a los sistemas de manejo de residuos sólidos y sus limitaciones.	525
2007	(Wilson D. C., 2007)	Waste Management and Research	Development drivers for waste management	Ingeniería Ambiental	Prioridades para el desarrollo de sistemas de manejo de residuos sólidos en países desarrollados y en vías de desarrollo.	260
2009	(Konteh, 2009)	Health & Place	Urban sanitation and health in the developing world: Reminiscing the nineteenth century industrial nations	Ingeniería Ambiental	Deficiencias en los servicios relacionados con la salud pública en países en vías de desarrollo y estrategias para su mejora.	79
2012	(D. C. Wilson et al., 2012)	Waste Management and Research	Comparative analysis of solid waste management in 20 cities	Ingeniería Ambiental	Situación del manejo de los residuos sólidos en 20 ciudades del mundo de distintos niveles socioeconómicos.	187
2012	(Vergara & Tchobanoglous, 2012)	Annual Review of Environment and Resources	Municipal Solid Waste and the Environment: A Global Perspective	Ingeniería Ambiental	Evolución del sector informal como proveedor de servicios de residuos.	112
2013	(Durán et al., 2013)	Revista. Internacional de. Contaminación Ambiental	Mexico city's municipal solid waste characteristics and composition analysis	Ingeniería Ambiental	Determinación de la composición de los residuos sólidos urbanos en la CDMx.	15
2017	(Aparcana, 2017)	Waste Management	Approaches to formalization of the informal waste sector into municipal solid waste management systems in low- and middle-income countries: Review of barriers and success factors.	Ingeniería Ambiental	Factores sociales en el manejo de los residuos sólidos	6

Enfoque Sistémico

Año	Autor	Revista	Título	Perspectiva	Aspectos Relevantes	Citas
2005	(Rodriguez-Ulloa & Paucar-Caceres, 2005)	Systemic Practice and Action Research	Soft System Dynamics Methodology (SSDM): Combining Soft Systems Methodology (SSM) and System Dynamics (SD)	Sistémica	Similitudes, ventajas y limitaciones de las metodologías de los sistemas suaves y sistemas dinámicos.	87
2007	(Sufian & Bala, 2007)	Waste Management	Modeling of urban solid waste management system: The case of Dhaka city	Sistémica	Aplicación de los sistemas dinámicos al manejo de los residuos sólidos en la Ciudad de Dhaka.	101
2010	(Seadon, 2010)	Journal of Cleaner Production	Sustainable waste management systems	Sistémica	Factores que considerar en el diseño de sistemas de manejo de residuos sólidos.	144
2011	(Pires, Martinho, & Chang, 2011)	Journal of Environmental Management	Solid waste management in European countries: A review of systems analysis techniques	Sistémica	Metodológicas utilizadas para el diseño de sistemas de manejo de residuos.	351
2013	(Marshall & Farahbakhsh, 2013)	Waste Management	Systems approaches to integrated solid waste management in developing countries	Sistémica	Prioridades para el diseño de sistemas de manejo de residuos sólidos en países en vías de desarrollo, y métodos propuestos.	260
2016	(Ma & Hipel, 2016)	Waste Management	Exploring social dimensions of municipal solid waste management around the globe – A systematic literature review	Sistémica	Dimensión social en los sistemas de manejo de los residuos sólidos. Análisis de la participación social, actitud y comportamiento social y políticas públicas en el periodo 1980 a 2014.	19
2017	(Santibañez-Aguilar, Flores-Tlacuahuac, Rivera-Toledo, & Ponce-Ortega, 2017)	Journal of Cleaner Production	Dynamic optimization for the planning of a waste management system involving multiple cities	Sistémica	Diseño de un sistema de manejo de residuos sólidos utilizando la dinámica del sistema.	3

Libros

Año	Autor	Editorial	Título	Perspectiva	Aspectos Relevantes	Citas
1996	(Instituto Nacional de Ecología, 1996)	INE	Estaciones de Transferencia	Ingeniería Sanitaria	Indicadores para el manejo de los residuos sólidos.	12
1996	(Schübeler et al., 1996)Schübeler. Peter	UNDP/UNCHS/World Bank	Urban management and infrastructure	Ingeniería Sanitaria	Situación y restos del manejo de residuos sólidos en países en vías de desarrollo	236
1997	(Instituto Nacional de Ecología, 1997)	INE	Estadísticas e indicadores de inversión sobre RSM en los principales centros urbanos de México	Ingeniería Sanitaria	Determinación y proyección de la generación y composición de residuos en México	2
1999	(Cortinas, 1999)	INE	Minimización y manejo ambiental de residuos	Ingeniería Sanitaria	Acciones estrategias para la reducción de residuos sólidos.	11
1999	(Checkland, 1999)	John Wiley and Sons Ltd	Systems Thinking, Systems Practice: includes a 30-year retrospective.	Sistémica	Aplicación y metodología de los sistemas suaves.	10874
2001	(McDougall et al., 2001)	Blackwell Science	Integrated Solid Waste Management: A Lifecycle Inventory	Ingeniería Ambiental	Principios del manejo integral de residuos sólidos e indicadores de eficiencia	772
2001	(Van De Klundert & Anschütz, 2001)	WASTE	Integrated Sustainable Waste Management -the Concept	Ingeniería Ambiental	Desarrollo de sistemas para el manejo integral de los residuos sólidos caso de estudio.	60
2002	(Lezama, 2002)	El Colegio de México	Teoría social espacio y ciudad.	Social	Origen de los problemas urbanos.	264
2003	(Quadri et al., 2003)	Comisión Mexicana de Infraestructura Ambiental	La Basura en el Limbo	Ingeniería Sanitaria	Deficiencias en el manejo de los RSU en las zonas urbanas de México.	11
2003	(Jackson, 2003)	J. Wiley	System Thinking. Creative Holism for managers.	Sistémica	Sistema de las metodologías sistémicas (SSM)	1475
2008	(Meadows & Wright, 2008)	Chelsea Green Publishing Company	Thinking in systems: a primer	Sistémica	Estructura y comportamiento de los sistemas.	2086

Innovación

Año	Autor	Revista	Título	Perspectiva	Aspectos Relevantes	Citas
2005	(Aguilar Miranda & Rivero Hernández, 2006)	Espacios Públicos	Innovación en la gestión de los residuos sólidos en la Región VII del Estado de México.	Gestión Pública	Propuesta metodológica para evaluar la innovación en el manejo de los residuos sólidos.	2
2010	(Sánchez González, 2010)	Espacios Públicos	¿Innovando en la gestión pública? La experiencia mexicana en los gobiernos locales.	Gestión Pública	Análisis de los cambios implementados en la nueva gestión pública en México para la innovación.	8
2016	(Hernández-Ascanio et al., 2016)	Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa	El concepto de la Innovación Social: ámbitos, definiciones y alcances teóricos	Innovación Social	Definición y aplicación de la innovación social.	1

3 Marco Metodológico

El actual paradigma del manejo de los residuos sólidos consiste en que sea integral, el cual se logara cuando existe balance en sus tres dimensiones y este resulta ser ambientalmente efectivo, socialmente aceptado y económicamente viable, para lo cual es necesario integrar todos los procesos y entidades que se interrelacionan en el manejo de los residuos lo que lo hace un sistema (McDougall et al., 2001).

El manejo de los residuos además de ser un sistema es complejo, ya que se requiere de consideraciones interdisciplinarias y multisectoriales propias del manejo de los residuos sólidos (manufactura, transporte, crecimiento urbano, desarrollo urbano, uso de suelo, salud pública, etc.) que resaltan la complejidad que entre los componentes físicos del sistema y los componentes conceptuales que incluyen los aspectos sociales y ambientales. Cuando los residuos se analizan como parte de un sistema, las relaciones de los residuos con otras partes del sistema revelan el potencial de una mayor sustentabilidad si las operaciones se incrementan. Conceptualmente, esta visión más amplia incrementa la dificultad del manejo de los residuos lo cual requiere de un enfoque que pueda manejar la complejidad (Seadon, 2010).

3.1 Enfoque sistémico

Un sistema es una reunión o un conjunto de elementos relacionados. Los elementos de un sistema pueden ser conceptos, sujetos u objetos, o bien puede estructurarse con una combinación de estos tres elementos, por lo tanto, un sistema es un conjunto agregado de entidades, vivientes, no vivientes o ambas. De forma que un sistema puede componerse de otros sistemas a los que llamamos subsistemas (VanGigch, 2006).

En la mayoría de los casos, podemos pensar en sistemas más grandes, los cuales comprenden otros sistemas y que llamamos el sistema total, dentro de los cuales se pueden identificar distintos tipos de sistemas:

- a) Físicos, como los ríos.
- b) Biológicos, como los organismos vivientes.
- c) Diseñados, como los automóviles.
- d) Abstractos, como los sistemas filosóficos.
- e) Sociales, como las familias.
- f) Actividades humanas, como los sistemas para asegura la calidad de los productos.

El estudio de los sistemas en un principio se realizó desde el punto de vista reduccionista, es decir se identificaban cada uno de los elementos o conceptos del sistema y se analizaban por separado, enfocándose principalmente en los subsistemas más que en las relaciones existentes entre los elementos. De esta forma los estudios se simplifican y se puede obtener una solución sencilla a un aspecto particular del sistema.

Los sistemas duros asumen que el mundo contiene sistemas que pueden mejorar su desempeño, mediante la optimización siguiendo una serie de procedimientos sistemáticos. En estos procedimientos es necesario establecer claramente los objetivos, y después utilizar modelos basados en la lógica sistémica, para poder predecir y controlar el sistema de interés en el mundo real y así los objetivos se realicen con un máximo de eficiencia y eficacia.

Este tipo de análisis dio resultados aceptables cuando se trataba de sistemas diseñados o físicos, con límites bien definidos y variables independientes, sin embargo, no pudo dar respuesta a los sistemas en donde se tienen múltiples interacciones entre los distintos elementos, no se pueden aislar, ya que las entradas y salidas que requieren para sus procesos de transformación las toman del medio ambiente, por lo que se denominan sistemas abiertos.

En 1969, von Bertalanffy, publicó su teoría general de sistemas, que contraria a la teoría reduccionista, planteó que las propiedades de los sistemas no pueden describirse significativamente en términos de sus elementos separados. La comprensión de los sistemas solo ocurre cuando se estudian globalmente, involucrando todas las interdependencias de sus partes. Para ello expone que es necesario plantear un lenguaje científico universal, y sugiere que la metodología que utilizó para entender los sistemas abiertos en biología se puede aplicar en otras áreas del conocimiento. La Teoría General de Sistemas fue rápidamente adoptada para el estudio de actividades humanas que se comportan como sistemas abiertos.

Los sistemas de actividades humanas son aquellos que contienen un conjunto de actividades que las personas tienen que realizar a fin de lograr un propósito en particular. Los modelos sistémicos de actividades humanas son un constructo en donde se enlistan y relaciona las acciones que tienen que realizar los humanos para lograr un propósito en particular.

A diferencia de otros sistemas, el propósito de los sistemas de actividades humanas, puede estar bien definido, sin embargo, los distintos grupos que intervienen en el sistema, no necesariamente tienen un mismo propósito, para su comprensión es necesario analizar las distintas visiones de los grupos, ya que los sistemas de actividades humanas son multipropósito (Jackson, 2003).

Un sistema multipropósito, resulta ser un sistema complejo, ya que aparentan estar en completo desorden y gobernados por fuerzas desconocidas, pero en realidad siguen un mismo patrón a distintos niveles. Los sistemas de actividades humanas se estudian desde un enfoque holístico a fin de abarcar todos los aspectos y variables de la situación problemática.

El holismo, toma en cuenta de los sistemas ingenieriles la optimización del rendimiento y la visión de Von Bertalanffy de los sistemas vivos que considera analizar el sistema como su conjunto y no sus partes, además de los sistemas complejos y dinámicos (Jackson, 2003).

En 1984 Jackson y Keyes, desarrollaron una metodología denominada Sistema de las Metodológicas Sistémicas (SOSM) por sus siglas en inglés. Consiste en que para aquellos problemas en que los sistemas duros no pueden dar un resultado satisfactorio por lo complejo de los factores involucrado, se clasifiquen si el sistema se considera simple o complejo, y el contexto en el que están. Como se muestra en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Selección de Metodologías de Análisis

Sistema	Tipo	Participantes		
		Unitarios	Pluralista	Coercitivo
	Simple	Pensamiento de los sistemas duros	Enfoque de los sistemas suaves	Pensamiento de los sistemas emancipatorios
	Complejo	Sistemas dinámicos Organizacional Cibernética		Pensamiento postmoderno de los sistemas

Fuente: (Jackson, 2003).

En la **Tabla 3** las categorías horizontales, se consideran como un sistema complejo o simple, en función del número de subsistemas que lo integran, así como el número de relaciones que existen entre ellos. Un sistema simple puede ser aquel, que no cambia con el tiempo, son estables, e independientes a las acciones de sus subsistemas y los cambios en el medio ambiente. En contraparte un sistema complejo, es aquel que se compone de una gran cantidad de subsistemas con muchas interacciones y donde el medio ambiente es determinante en su estructura, estos sistemas se modifican y evolucionan en el tiempo para adaptarse a su medio.

En cuanto al contexto que hace referencia a los participantes en la situación problemática, **Tabla 3** muestra tres categorías verticales conforme al número de participantes. Se denomina unitario, cuando las relaciones tienen valores, creencias, interés y valores similares, los involucrados comparten los mismos propósitos y de una forma u otra están de acuerdo en la forma de alcanzar los objetivos. En una relación pluralista, aunque sus intereses son compatibles, no comparten los mismos valores y creencias, sin embargo, llegan a acuerdos temporales, para lograr los objetivos. Finalmente, las relaciones coercitivas, son pocos los intereses en común y lo expresan abiertamente, además existen conflictos entre los valores y creencias de los involucrados, las decisiones para lograr los objetivos se toman en función del grupo que más poder tiene.

Hasta ahora el análisis de los sistemas de manejo de los residuos sólidos, se realiza empleando los sistemas duros (enfocados en la optimización de un aspecto: recursos económicos, minimización de residuos o impactos ambientales) los cuales han fallado en cubrir todas las variables de los residuos sólidos, haciendo obvia la necesidad de un análisis holístico, donde se integren metodologías que incluyan las interconexiones

socio-culturales, ambientales económicas y de aspectos técnicos (Marshall & Farahbakhsh, 2013).

Los sistemas de manejo de residuos sólidos son sistemas complejos de actividades humanas, sus principales operaciones son la recolección, transferencia, disposición final y tratamiento, si bien es cierto que se cuenta con equipos y maquinarias para realizar los procesos, el componente humano resulta ser preponderante en las operaciones. En los países en vías de desarrollo la estructura y funcionamiento de los sistemas de manejo de los residuos sólidos se basan en los patrones de comportamiento y las actitudes subyacentes de la población, factores que son moldeados por la cultura social y el contexto (Shübeler et al., 1996).

Por otra parte, el manejo de los residuos sólidos en sus inicios tenía como único propósito el de preservar la salud de población, las investigaciones recientes en el manejo de los residuos sólidos han mostrado que estos tienen efectos no solo sobre la salud de la población sino también sobre el medio ambiente y el uso de los recursos naturales, por lo cual estos deben de cumplir múltiples propósitos. En el caso de la CDMx debido a sus dimensiones, no existe un único servicio de limpieza, existen prestadores públicos, privados e informales que prestan el servicio en forma conjunta o individual y que no necesariamente tienen los mismos valores creencias e intereses.

Aplicando la propuesta realizada por (Jackson, 2003) para el estudio de los sistemas de actividades humanas al contexto del manejo de los RSU de la CDMx, se recomienda aplicar la metodología de sistemas suaves para su mejora; al considerarlo como un sistema de actividades humanas multipropósito con participación pluralista.

3.2 Sistemas Suaves

La metodología de los sistemas suaves desarrollada por Checkland, que puede describirse de manera resumida como un proceso de siete etapas de análisis que emplea el concepto de sistema de actividad humana como un medio de conseguir tanto investigar la situación como efectuar acciones para mejorarla (B. Wilson, 1990).

La metodología de los sistemas suaves se aplica en aquellas organizaciones que tienen serios problemas, pero las personas no pueden identificarlos, debido que las situaciones problemáticas son vagas o sin una estructura bien definida ya que depende de muchas variables.

Los sistemas suaves se enfocan en mejorar el desempeño de la organización, explorando los propósitos de esta y asegurándose que exista suficiente entendimiento entre el propósito general de la organización y el de las partes interesadas (dueños, trabajadores, clientes etc.). Para lograr este objetivo la relación que se mantiene entre los elementos del sistema es al menos igual de importante que el propósito general.

El paradigma en el que se basan los sistemas suaves es el del aprendizaje, ya que en términos de organizaciones es más importante la historia, políticas y cultura de la situación que la lógica.

Para ello la metodología propuesta por Peter Checkland está compuesta por una serie de 7 pasos como se muestra en la **Figura 10**, en los cuales para cada uno de ellos se realiza un análisis desde tres perspectivas distintas, que son: considerar la intervención y el propósito que tiene el analista para logra un objetivo o meta específica; el análisis del sistema social poniendo atención en los roles de los involucrados, así como los valores y las normas que los rigen; y las políticas que intervienen en el problema.

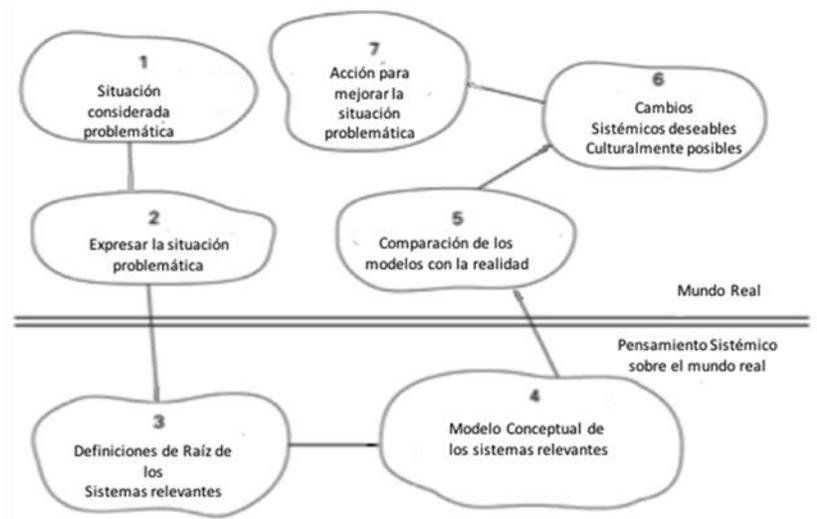


Figura 10. Metodología de los Sistemas Suaves.
Fuente: (Jackson, 2003).

3.3 Metodología Sistemas Suaves

3.3.1 Situación del problema no estructurado.

Esta primera etapa de la metodología consiste en identificar la situación problemática que demanda atención. Para ello es necesario identificar todos los elementos que intervienen en la situación, las dimensiones que tiene, así como las políticas y normas que rigen la situación.

3.3.2 Expresar la situación problemática

La segunda etapa requiere expresar la situación problemática, no en términos de un sistema, sino de una visión rica del problema, con el ánimo de obtener un entendimiento creativo de la situación problemática.

En esta etapa de la metodología, se requiere expresar gráficamente, la información disponible acerca de la estructura, el proceso y el trabajo que se realiza, así como las relaciones existentes. No existen reglas establecidas para realizar la visión rica, dependen en mucho de la habilidad que tenga la persona para hacer el dibujo, el objetivo es obtener un pictograma que represente la realidad en todas sus dimensiones, de forma que sea útil para visualizar la estructura, procesos y clima que existe en la situación

problemática. En una visión rica se pueden expresar mejor las interrelaciones existentes en el problema que en una propuesta lineal.

3.3.3 Definiciones de raíz

Esta etapa es la base para definir el propósito del modelo, se requiere tener la información principal del proceso, cuáles son las entradas salidas del sistema y que procesos de transformación realiza.

Para que las definiciones de raíz sean útiles en la elaboración del modelo, hay que poner atención en los elementos que pueden impedir que se lleven a cabo las transformaciones del sistema, quién realiza los procesos de transformación, quién se beneficia o es afectado, y qué factores ambientales restringen el sistema.

Para tener una buena definición de raíz es necesario que estén definidos claramente seis elementos **CATWOE** (por sus siglas en inglés) los cuales son:

- Costumers: Los beneficiarios o víctimas del proceso de transformación.
- Actors: Los que realizan los procesos de transformación.
- Transformation: La conversión de las entradas y salidas.
- World view: Visión del mundo que hace relevante la transformación.
- Owners: Los que pueden impedir la transformación.
- Environmental constraint: Elementos fuera del sistema que restringen las entradas y salidas.

Las definiciones de raíz son utilizadas para explorar los posibles cambios en la situación problemática dada su historia, cultura y política. Para que sea una exploración holística es necesario considera más de una definición de raíz. Se recomienda al menos realizar dos definiciones de raíz, la definición de la tarea principal empleando la información oficial declarada a través de los organigramas, manuales y normas existentes, y otra basada en situaciones problemáticas que es la forma en que se realiza la transformación cuando en condiciones extraordinarias requieren salir de los límites establecidos.

Finalmente (Checkland, 1999) sugieren que es necesario construir estas dos definiciones para, emplear en el desarrollo del modelo conceptual una tercera definición que conjunte las dos visiones.

3.3.4 Modelos conceptuales

Los modelos conceptuales no son una representación de la realidad, sino una propuesta que facilita el entendimiento de la situación problemática se estructura para el debate acerca de los cambios deseados y posibles.

Los modelos conceptuales se realizan analizando el número mínimo de actividades que se requieren para realizar la transformación como se estableció en la definición de raíz (incluyendo la tarea principal y la situación problemática). Dado que se trata de sistemas

de actividades humanas, en cada una de las actividades se describe las actividades que las personas realizan. Estas actividades son ordenadas en forma lógica en función de sus interacciones, mostrando como una depende de la otra, es común agrupar a las actividades en: operación, control y monitoreo. En cuanto a las actividades de operación se recomienda que se elijan no más de 7 actividades y no se repitan verbos. Para que exista un adecuado monitoreo y control de las operaciones, es necesario establecer criterios de eficiencia, eficacia, efectividad, ética y elegancia (Checkland, 1999).

3.3.5 Modelo del Sistema Viable

Dado que la Metodología de los sistemas suaves permite el uso de herramientas para el diseño del modelo, se optó por utilizar el modelo del sistema viable (MSV) el cual fue creado con el propósito de entregar una alternativa científica real para el estudio de organizaciones de actividad humana, bajo la premisa de cumplir con la condición de sostener la viabilidad organizacional como único requisito.

La viabilidad de Beer (1981, 1985, 1995), considera un modelo que se compone de cinco subsistemas interactivos, denominados componentes cibernéticos del MSV, que trabajan recíprocamente y que pueden ser mapeados, dependiendo de la estructura organizacional a la que se apliquen; lo imprescindible es la consideración del ambiente para dar contexto a las interacciones que se den, como se muestra en la **Figura 11**.

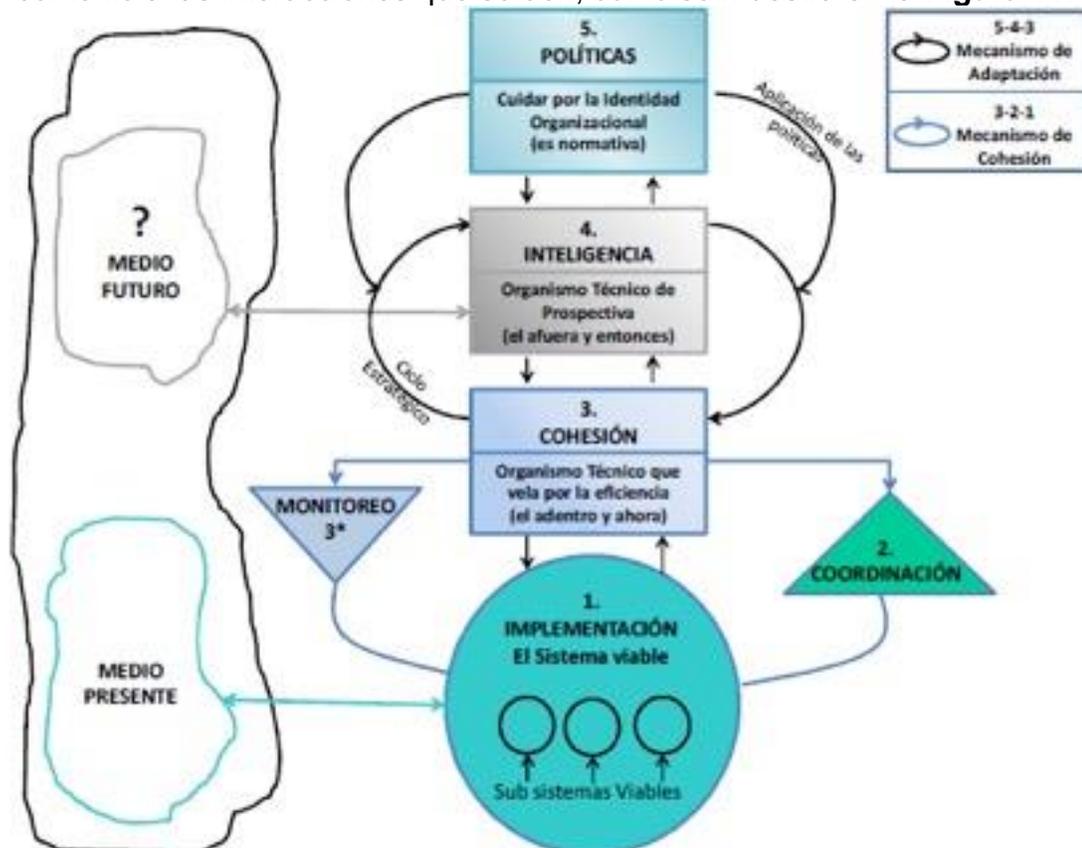


Figura 11. Modelo del Sistema Viable
Fuente: (Narvarte Arregui & Careaga Díaz, 2016)

Los sistemas viables o autónomos deben de estar en si compuestos por sistemas viables o autónomos, cada uno preocupado por su propio desarrollo. De esta manera los responsables de la administración de cada nivel de la organización, define sus políticas a través de las tareas que implementan en forma autónoma aunque cohesionados estructuralmente.

- a) Subsistema 1. La función implementación corresponde al quehacer de la organización. Se reflejan las actividades primarias (Viables), aquellas que constituyen la esencia y razón de existir de la organización, dotándola de sentido y definiendo su identidad. Van acompañadas siempre de actividades de apoyo no autónomas, para su regulación.
- b) Subsistema 2. Función coordinación, filtra la variedad recursiva, para que la tarea de quienes ejercen la función de cohesión se alivie. La coordinación es diseñada de modo que permita lenguajes y protocolos de comunicación y conversaciones entre las actividades primarias de un mismo nivel recursivo, a fin de cuidar la consolidación y cohesión del sistema en la ejecución de sus tareas.
- c) Subsistema 3. El interés fundamental de la función cohesión está en la complejidad organizacional interna, esto es la que suele llamarse “el adentro y el ahora” (Beer, 1985), de la cual debe ser un atenuador y habilitador efectivo. Esto es crucial para la constitución del mecanismo de cohesión. Para esto la función de cohesión necesita una apreciación precisa de los logros y capacidades del sistema 1, así como de la coordinación de potencialidades y requerimientos. En este sentido la función de cohesión es una forma de control que respeta y habilita la autonomía de las actividades viables o primarias en una organización.
- d) Subsistema 3* Incluye dentro de sí un monitoreo esporádico y conocido, el que asegura la delegación de confianza al siguiente nivel recursivo.
- e) Subsistema 4. La función inteligencia tiene su ámbito de acción en el entorno de la organización preocupándose de su prospectiva y desarrollo futuro (el futuro y el mañana, las oportunidades y amenazas), construyendo la piedra angular para lograr su adaptación.
- f) Subsistema 5. Finalmente, la función política, que es normativa y está encargada de dar clausura al sistema viable, cuidando la integridad y la identidad organizacional del sistema.

En estas cinco funciones antes presentadas, operan dinámicamente conformados mecanismos reguladores. El mecanismo de la adaptación (3-4-5) y el mecanismo de cohesión (funciones 1-2-3) tal como lo indica la **Figura 11**. El mecanismo de adaptación busca la efectividad organizacional (hacer lo correcto en relación con lo que depara el futuro), mientras que el mecanismo de cohesión asegura la eficiencia (hacer bien aquello que hago, sin cuestionar el quehacer). Estos dos mecanismos se complementan sinérgicamente para asegurar la viabilidad organizacional, es decir la capacidad de mantener una existencia separada (Espejo & Reyes, 2011).

3.3.6 Comparación de los modelos

Para establecer que cambios son posibles en la situación problemática, es necesario realizar una comparación entre el modelo conceptual y lo que percibimos sucede en la realidad, que comúnmente es lo expresado en la visión rica. Checkland propone cuatro formas distintas para realizar esta comparación.

- Discusión informal sobre las principales diferencias entre los modelos de lo que podría ser y lo que se tiene en realidad.
- Un cuestionario acerca de las principales diferencias. Se llena una matriz en la cual para cada una de las actividades en el modelo conceptual se hacen cuestionamientos como: ¿existe o no existe en la realidad?, ¿cómo se hace?, ¿cómo se juzga? ¿Algún comentario?
- Construir escenarios, conforme a las definiciones de raíz, para predecir cómo sería el comportamiento en el futuro, con relación a las actividades que se realizan actualmente.
- Tratar de modelar el mundo real usando la misma estructura empleada en el modelo conceptual para poder señalar cualquier diferencia significativa que provoque una discusión.

3.3.7 Cambios y acciones para mejorar el problema.

Una vez que se ha comparado el modelo conceptual con la realidad y su fiabilidad, se define si los cambios que se desean realizar se pueden implementar de acuerdo al modelo desarrollado y si estos son posibles en términos de la historia, cultura y política prevalecientes. Normalmente los cambios se clasifican en actitudinales, estructurales y procedimentales.

Cuando los cambios se pueden implementar, entonces se puede tomar acción para aliviar parte de la inquietud inicial, por lo tanto, mejorar la situación problemática.

La última etapa de la metodología propuesta por Checkland, al ser una metodología cíclica logra que una vez implementados los cambios posibles, emerja una nueva situación, la situación tiene ahora una problemática distinta. La resolución de la problemática se puede entender como un proceso sinfín en el que las actitudes y percepciones de los participantes, son continuamente exploradas, probadas y modificadas, para desarrollar nuevas concepciones de deseabilidad y viabilidad sobre la situación problemática.

4 Construcción del Modelo

En un modelo sistémico es necesario identificar y definir los elementos del sistema, los flujos de materiales e información, así como los procesos que se llevan a cabo, Meadows & Wright (2008), propone que para poder modelar un sistema se conozca los siguiente:

- Parámetros del sistema.
- Materiales y flujos del sistema.
- Regulación de la retroalimentación negativa
- Desarrollo de la retroalimentación positiva.
- Información de los flujos del sistema.
- Reglas del sistema.
- La autogestión del sistema.
- Las metas del sistema.
- El paradigma del sistema.
- Transformación del paradigma

Para la construcción del modelo sistémico se utilizó la metodología de los sistemas suaves propuesta por Checkland (1999, 2000), en las siguientes secciones se describe cada una de las etapas.

4.1 Situación considerada problemática

Las Naciones Unidas (ONU) clasifican el área metropolitana de la CDMx, México, con 19 millones de habitantes en 2007, como una de las cinco áreas urbanas más pobladas del mundo. La CDMx concentra el 30% de la población urbana nacional y es la tercera aglomeración más poblada del mundo (Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2016b), así como el principal centro político, económico, científico y cultural del país. Esto, combinado con la gran cantidad de actividades, lugares de interés y centros de trabajo, le da a la ciudad un ritmo de vida acelerado que se refleja directamente en el consumo y uso de los recursos naturales, con un impacto directo en la generación de RSU (según la normativa nacional, son las que se generan en hogares y espacios públicos) típicas de una mega-ciudad.

Entre las mega-ciudades del mundo, la CDMx es la segunda en generación de residuos sólidos después de la región de Nueva York: 12 mil toneladas de RSU por día (Kennedy et al., 2015). La gestión de este RSU es un desafío para el gobierno de la Ciudad, tanto en términos de la cantidad generada como de la densidad del tráfico y la falta de áreas adecuadas para llevar a cabo su tratamiento y disposición final de acuerdo con las regulaciones ambientales existentes. El Manejo Integra de RSU en la CDMx se lleva a cabo por tres diferentes grupos: el servicio público de limpieza que realiza la recolección y disposición final, los trabajadores informales que realizan la separación de RSU para reciclaje y las empresas privadas que brindan servicios de recolección y disposición final para empresas e industrias. Los barrenderos y empleados municipales y los contratados de manera privada negocian y coordinan sus acciones para que su trabajo no se superponga y se complementa entre sí. Sin embargo, esta colaboración de facto no se

reconoce institucionalmente: los informes oficiales y las estrategias de residuos urbanos solo abordan la provisión pública de servicios de recolección y gestión de residuos (Guibrunet, 2019).

4.1.1 Contexto

4.1.1.1 Nivel de ingreso

Para evaluar el MIS-RSU en la CDMx con los indicadores de referencia, se investigó el nivel de ingreso nacional en el período 2011-2017, con base en las estadísticas generadas por el Banco Mundial para el Ingreso Nacional Bruto per cápita calculado por el método Atlas, que permaneció a nivel medio-alto (The World Bank, 2018).

4.1.1.2 Generación

En la **Tabla 4** se muestra la generación RSU en la CDMx. Con datos recopilados por la DGSU y la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA), así como lo expresado en los tres Programas para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos (2004, 2010 y 2016) que a la fecha existen, así como el inventario de residuos del 2017, se puede observar que la cantidad de RSU que se generan en la Ciudad se ha incrementado en forma constantemente.

Tabla 4. Generación de RSU

Concepto	Unidad	JICA	CDMX			
		1997	2002	2008	2014	2017
Generación de Residuos	Ton/día	11,422	12,000	12,439	12,893	12,998
Generación per Cápita	Kg/Hab*día	1.332	1.394	1.426	1.457	1.475
Crecimiento	%	3.84%	5.06%	3.66%	3.65%	0.81%
Orgánicos	%	48.90%	43.00%	55.80%	49.95%	49.95%
Inorgánicos	%	51.10%	57.00%	44.20%	50.05%	50.05%

Fuente: (Agencia de Cooperación Internacional de Japón, 1999; Jefatura de Gobierno, 2004; Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2009, 2016b, 2018)

En cuanto a las fuentes de generación de RSU, el 48% de ellos se genera en los domicilios, y el restante 52% corresponde a la generación de residuos en comercios servicios e instituciones de gobierno como se muestra en la **Figura 12**.

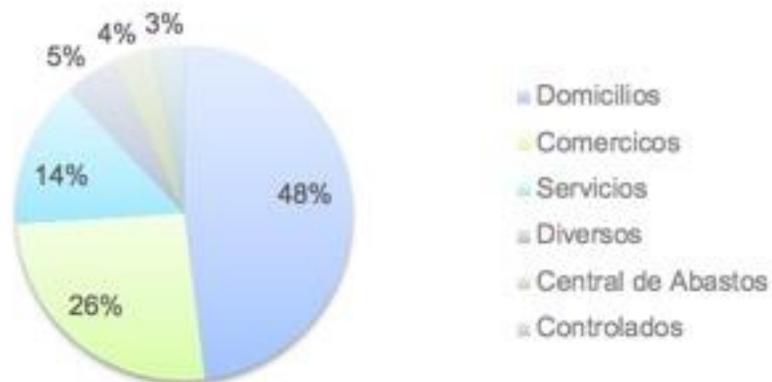


Figura 12 Fuentes de Generación en la CDMx (SEDEMA, 2016a)

En el último conteo de población el INEGI determino que la CDMx, tiene 8 918 653 habitantes, los cuales se encuentran concentrados en una superficie de 1500 km² (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2017), y el Gobierno de la CDMx estimó que en el mismo año se generaron de 12,893 toneladas, con lo que se obtuvo una generación per cápita de 1.457 Kg/hab*día; lo cual según estudios del Banco Mundial corresponde a un nivel de ingreso medio alto. Es importante hacer notar que la tasa de crecimiento de la generación per cápita en los últimos años disminuyó de 4.89% a finales de los años 90 a 0.36% en el año 2015 (INEGI, 2017)

El indicador de la generación per cápita hace referencia a la situación socioeconómica de una región, en la **Tabla 5** se puede observar que este indicador es muy heterogéneo en las alcaldías que conforman la CDMx. La variación del índice de generación per cápita, es tan disperso que abarca tres niveles socioeconómicos distintos. Esto es un reflejo de las disparidades, físicas, económicas y sociales que existen en las alcaldías, y lo complejo que resulta planear el manejo de los RSU de forma homogénea para la CDMx

Tabla 5. Generación Per cápita por nivel de ingreso

Nivel de Ingreso	Generación per Cápita (Kg/hab*día)		
	Límite Inferior	Límite Superior	Promedio
Alto	0.70	14	2.10
Medio Alto	0.11	5.5	1.20
Medio Bajo	0.36	5.3	0.79
Bajo	0.09	4.3	0.60

Fuente: (Bhada-Tata & Hoornweg, 2012).

La CDMx tienen 6 alcaldías en la periferia de la ciudad en la parte sur-este y oeste, que correspondería a un nivel de ingreso medio bajo, en el que los servicios de limpia

normalmente tienen una cobertura del 70% por lo que se puede asumir que parte de los RSU se están disponiendo de forma inadecuada en el suelo o cuerpos de agua o bien son quemados. En el otro extremo tenemos a las alcaldías de Cuauhtémoc y Miguel Hidalgo en el Centro de la Ciudad, con tasas de generación superiores a los 2.1 Kg/Hab*día, las cuales además de tener una alta densidad poblacional, acumula una gran cantidad de servicios y por lo tanto población flotante de otras alcaldías y/o entidades vecinas, que laborar o realiza actividades comerciales en su territorio como se ilustra en la **Figura 13**.



Figura 13. Generación per Cápita
Fuente:(INEGI, 2017).

4.1.1.3 Composición

El estudio más reciente acerca de la composición de los RSU data del año 2008, que se realizó en las estaciones de transferencia. Destacándose que el 77.13 % se puede aprovechar, ya que el 27.18% es susceptible de valorización, un 49.95% son de orgánicos, y únicamente un 22.97% son de otros tipos de residuos que no son susceptibles de valorización o tratamiento orgánico como se muestra en la **Tabla 6**. Otro hecho relevante, es que, si se compran estos datos con la composición de los RSU a nivel nacional, existe una diferencia de 11.49% entre el porcentaje de RSU valorizables, que se atribuye a la pepena que realizan los trabajadores de recolección y los que los usuarios valorizan a través de los informales.

Tabla 6. Composición de los RSU en la CDMx y a nivel Nacional.

Tipo RSU	CDMX	Nacional	Material	CDMX	Nacional
Susceptibles de Valorización	27.18%	38.67%	Cartón	4.03%	8.04%
			Papel	5.89%	6.20%
			Metales Ferroso	1.16%	2.09%
			Metales No Ferrosos	0.29%	2.88%
			Plásticos	13.16%	12.88%
			Vidrio	2.65%	6.58%
Orgánico	49.95%	37.97%	Orgánicos	49.50%	36.72%
			Madera	0.45%	1.25%
Otros	22.87%	23.36%	Residuos Sanitarios	10.77%	6.52%
			Textiles	3.64%	5.17%
			Material de Construcción	1.88%	1.46%
			Finos	0.80%	3.76%
			Residuos de Manejo Especial	1.41%	0.00%
			Residuos Peligrosos	0.18%	0.00%
			Otros	4.19%	6.45%

Fuente: (Durán et al., 2013; INECC, 2012)

4.1.2 Aspectos físicos

La **Figura 14** muestra los componentes físicos, el grupo al que pertenecen y las relaciones entre ellos. En la CDMx, la legislación local indica que los habitantes deben dividir los RSU en dos fracciones: orgánica e inorgánica. Los cuadrados en líneas punteadas en la **Figura 14** indican las actividades realizadas por los habitantes. Dado que la separación de todos los RSU aún no se ha logrado, una parte de ellos se recolecta de manera mixta, para lo cual se muestra en la figura que hay dos tipos diferentes de almacenamiento, mixto y enterrado.

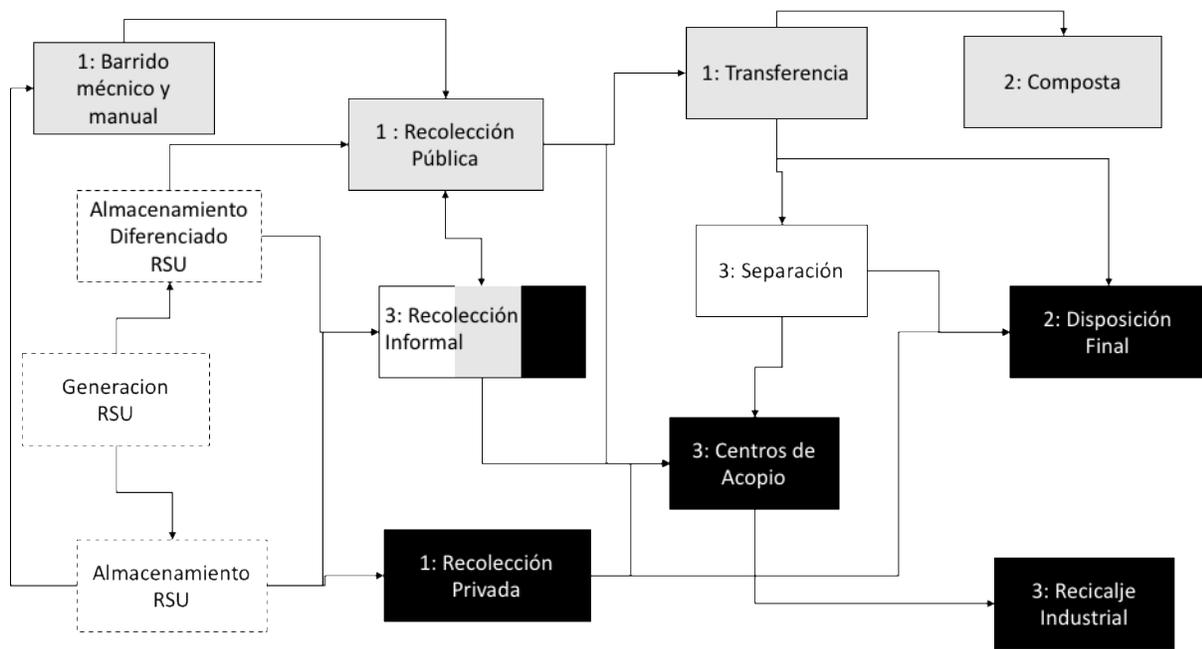


Figura 14. Manejo de RSU en la CDMx
Fuente: Elaboración Propia.

Lo proporcionado por los servicios públicos se indica en rectángulos grises. Los servicios públicos realizan la recolección de RSU separados, que luego se depositan en las estaciones de transferencia y desde allí se envían para su tratamiento o disposición final. En el caso de los desechos sólidos inorgánicos, una parte se envía a plantas de separación para recuperar RSU con valor económico para el reciclaje, y el resto se envía a los sitios de disposición final en los estados vecinos. Mientras tanto, la parte orgánica se envía a la planta de composta en el Bordo Poniente (Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2016b).

Los rectángulos negros se refieren a servicios privados. La recolección privada recolecta los RSU en condiciones que los usuarios encuentran más convenientes, principalmente en establecimientos comerciales y de servicios. Si se clasifican, se entregan a los centros de acopio, de lo contrario, se envían para su disposición final, según el destino es el costo del servicio (Ayala, 2012).

Los rectángulos blancos indican las actividades realizadas por los trabajadores informales. Los tipos de RSU que manejan los trabajadores informales son en su mayoría aquellos que tienen un valor económico, se recolectan voluntariamente puerta a puerta en las casas, o se recuperan en las plantas de separación. Los RSU con valor económico se clasifican por el tipo de material del que están hechos y se acondicionan para la venta a los centros de recolección para su posterior reciclaje, mientras que los que no tienen valor se entregan a la colección de la delegación (Guibrunet, Sanzana Calvet, & Castán Broto, 2017).

4.1.2.1 Protección a la salud

Recolección

En cuanto a la recolección de los RSU en la CDMx, los métodos que se emplean son el de parada fija o acera dependiendo del tráfico y el ancho de las vialidades. En la **Tabla 7** se muestran el crecimiento del servicio de la recolección en la CDMx. Para el año 2017 el servicio de recolección se cuenta con 1,578 rutas y 2,566 vehículos (Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2018), desde 1993 el número de vehículos ha crecido por encima de la generación de RSU, con excepción del 2002, la recolección se ha mantenido por debajo del 90%.

Tabla 7. Recolección de RSU en las Alcaldías

Concepto	Unidad	1997	2002	2008	2014	2017
Generación	Ton/día	11,422	12,000	12,439	12,893	12,998
Recolección	Ton/día	9,779	11,120	10,859	9,091	10,669
Cobertura del Servicio	%	86%	93%	87%	71%	82%
Vehículos Recolectores	#	2,011	2,090	2,485	2,460	2,566

Fuente: (Agencia de Cooperación Internacional de Japón, 1999; Jefatura de Gobierno, 2004; Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2009, 2016b, 2018)

Transferencia

La cantidad de RSU que se envía a las estaciones de transferencia, como se observa en la siguiente **Tabla 8**, disminuyeron después del cierre de bordo poniente en el 2011, debido a las estrategias de reducción implementadas por el Gobierno de la CDMx, ya que anteriormente todos los RSU se enviaban a las estaciones de transferencia. Para el año 2017 solo el 63% de los RSU que se generaban eran llevados a las estaciones de transferencia.

Tabla 8. Transferencia de RSU

Concepto	Unidad	1997	2002	2008	2014	2017
Generación	Ton/día	11,422	12,000	12,439	12,893	12,893
Transferencia	Ton/día	8,558	10,799	10,853	8,080	8,176
Cobertura del Servicio	%	75%	90%	87%	63%	63%
Estaciones de Transferencia	#	13	13	13	13	12

Fuente: (Agencia de Cooperación Internacional de Japón, 1999; Jefatura de Gobierno, 2004; Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2009, 2016b, 2018)

Desde 1992 la CDMx cuenta con 13 estaciones de transferencia la mayoría de ellas se construyeron durante los años 80, en los siguientes 30 años (1990-2010) más del 70% de los RSU se llevaron a las estaciones de transferencia y de allí a los sitios de disposición final o las plantas de separación como se muestra en la **Figura 15**, a fin de disminuir los recorridos de transporte.



Figura 15. Estaciones de Transferencia
Fuente: (SEDEMA 2016a)

4.1.2.2 Protección al medio ambiente

En la CDMx, la disposición final se realiza en los Relleno Sanitarios y el tratamiento en las plantas de composta como a continuación se describe.

Deposición Final

En la **Tabla 9** se muestra que durante desde los años 90 y hasta principios de la década pasada la CDMx operó dos sitios de disposición final el de Santa Catarina y el de Bordo Poniente. El sitio de disposición final de Santa Catarina recibió RSU hasta su clausura en 1996, de esa fecha y hasta el año 2011 el único sitio de disposición final fue el Bordo Poniente durante su operación cumplió parcialmente con la normatividad ambiental vigente, ya que contaba con un sistema de impermeabilización en el fondo a fin de evitar la infiltración de lixiviados al suelo, pero no contaba con sistema de tuberías para su extracción.

A partir de la clausura del Bordo Poniente y debido a la falta de terrenos idóneos, la CDMx firmó convenios con cinco distintos sitios de disposición final, 4 en el Estado de México y uno el Estado de Morelos, los cuales por la contraprestación del servicio

asumen la responsabilidad de la adecuada disposición final de los RSU y el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente. Como se muestra en la **Tabla 9** al cierre del Bordo Poniente, la cantidad de RSU que se envían a disposición final se redujo hasta el 50% en el 2017.

Tabla 9. Disposición Final de RSU

Concepto	Unidad	1997	2002	2008	2014	2017
Generación	Ton/día	11,422	12,000	12,439	12,893	12,998
Disposición Final	Ton/día	9,499	11,375	10,913	7,028	6,504
Cobertura del Servicio	%	83.16%	94.79%	87.73%	54.51%	50.04%
Rellenos Sanitarios	#	2	1	1	5	5

Fuente: (Agencia de Cooperación Internacional de Japón, 1999; Jefatura de Gobierno, 2004; Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2009, 2016b, 2018)

Compostaje

El tratamiento aerobio de la fracción orgánica rápidamente biodegradable mejor conocido como composta, tomó relevancia con el cierre del Bordo Poniente y por el ende la necesidad de disminuir la cantidad de RSU que se envía a disposición final, la CDMx cuenta con 8 plantas de composta las cuales se muestran en la **Figura 16**.



Figura 16. Plantas de Composta de la CDMx.
Fuente: (SEDEMA, 2016a).

Hasta antes del 2011 la cantidad de residuos sólidos que se utilizaba para elaborar composta era menor al 1 %. En la **Tabla 10** se muestra la cantidad de RSU orgánicos

tratados en la CDMX, se observa que esta cifra se incrementó hasta un 13%, una vez que se estableció en el Bordo Poniente una planta de composta con capacidad para tratar hasta 2,000 Ton/día durante el año 2014 estuvo trabajando a un 85% de su capacidad y en conjunto las plantas de composta trataron el 13.43% de los residuos orgánicos generados en la CDMx durante el periodo 2011 a 2015 (SEDEMA, 2016a).

Tabla 10. Plantas de Composta de la DGSU

Concepto	Unidad	1997	2002	2008	2014	2017
Generación	Ton/día	11,422	12,000	12,439	12,893	12,998
Plantas de Composta	Ton/día		10	104	1,714	1,400
Cobertura del Servicio	%		0.08%	0.92%	13.43%	10.80%
Plantas de Composta	#		4	6	8	8

Fuente: (Agencia de Cooperación Internacional de Japón, 1999; Jefatura de Gobierno, 2004; Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2009, 2016b, 2018)

Una de las principales ventajas del tratamiento orgánico además de la obtención de composta es la reducción de gases de efecto invernadero, durante el año 2016 a través de las 8 plantas de composta se redujeron 484,825 toneladas de CO₂ equivalente (SEDEMA 2016a), aunque el 98% de los residuos orgánicos se trata en la planta de Bordo Poniente.

4.1.2.3 Valorización (Reducción Reúso y Reciclaje)

Reciclaje

El Gobierno de la CDMx realiza el reciclaje de los RSU a través de tres plantas de separación, San Juan Aragón, Bordo Poniente y Santa Catarina. Estas plantas surgieron por la necesidad de dar trabajo a los pepenadores que vivían en los tiraderos de basura que existían en la ciudad.

Por esta razón es que el método de separación es completamente manual, y los RSU que se reciclan son solo aquellos que tiene un interés económico para las personas que allí laboran, por lo que porcentaje de recuperación que se tiene en las plantas en el periodo analizado no supera el 5%. En la **Tabla 11** se observa que con el cierre de la Planta de Separación de Bordo Poniente en el 2011 la cantidad de RSU que se envían a separación disminuyó, además de que más del 90% de los RSU que se reciben en la planta de separación de Santa Catarina proviene del Estado de México.

Tabla 11. Plantas de Separación de RSU¹

Concepto	Unidad	1997	2002	2008	2014	2017
Generación	Ton/día	11,422	12,000	12,439	12,893	12,998
Planta Bordo Poniente	Ton/día	1,671	1,782	1,447		
Planta Santa Catarina	Ton/día	1,248	1,690	1,522	1,434	1,401
Planta San Juan de Aragón	Ton/día	1,919	1,594	1,658	2,324	2,457
Plantas de Separación	Ton/día	4,838	5,066	4,627	3,758	3,858
Residuos Reciclados Plantas de Selección	Ton/día	232	264	295	191	163
	%	2.03%	2.20%	2.37%	1.48%	1.25%
Residuos Compactados (Combustible Alterno)	Ton/día				201	932
	%				1.6%	7.2%
Residuos Reciclados Voluntarios	Ton/día	1,433	350	538	1,621	1,748
	%	12.5%	2.9%	4.3%	12.6%	13.4%
RSU Reciclados	Ton/día	1,665	614	833	2,013	2,843
	%	14.58%	5.12%	6.70%	15.61%	21.87%
Platas de separación	#	3	3	3	2	2

Fuente: (Agencia de Cooperación Internacional de Japón, 1999; Jefatura de Gobierno, 2004; Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2009, 2016b, 2018)

En la **Figura 17** el principal destino de los RSU en la CDMx son los Rellenos Sanitarios, sin embargo, desde el cierre del Bordo Poniente esta cantidad ha disminuido significativamente por el incremento en el tratamiento orgánico y la formulación de combustibles alternos para su uso en hornos de cemento, en el 2017 el 14.7% de los RSU se reciclaron y el 7.2% se trataron en hornos de cemento.

¹ No se consideran los RSU provenientes del Estado de México.

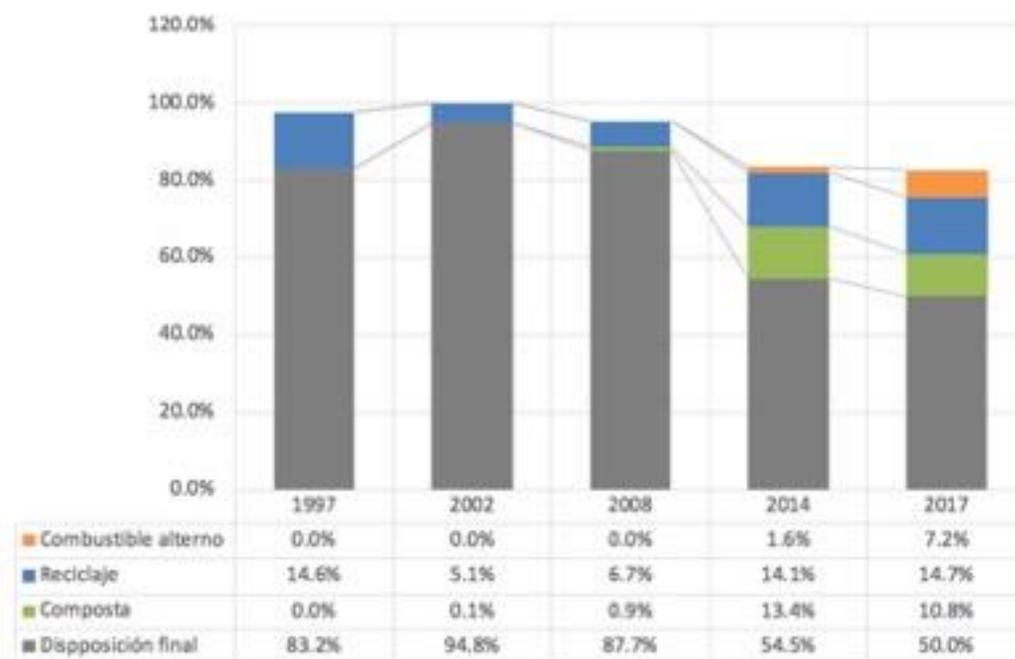


Figura 17. Destino de los RSU en la CDMx

Fuente: (Agencia de Cooperación Internacional de Japón, 1999; Jefatura de Gobierno, 2004; Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2009, 2016b, 2018)

Centros de acopio

En la CDMx se tienen 273 centros de acopio en donde se reciben distinto tipos de RSU para su tratamiento y/o reciclaje como se muestra en la **Tabla 12**, sin embargo, se desconoce la cantidad de RSU que reciben y el tratamiento que se aplica.

Tabla 12. Centros de Acopio.

Tipo de Residuos	Centros	Tipo de Residuos	Centros	Tipo de Residuos	Centros
Aceite Automotriz	8	Medicamentos	5	Residuos de la Construcción	17
Aceite Comestible	10	Metales	34	Residuos Electrónicos	19
Baterías	14	Orgánicos	8	Sanitarios	4
Cartuchos-Toner	6	Papel y Cartón	27	Tetrapak	7
Focos	4	PET	31	Varios Plásticos	17
Incineración de Mascota	15	Pinturas	7	Vidrio	9
Llantas	6	Reciclables	25		

Fuente: (Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2018)

4.1.3 Aspectos de gobernanza

4.1.3.1 Inclusión de proveedores y usuarios

Informales

Es importante resaltar que como el proceso de reciclaje en las plantas de separación es manual, esta misma actividad se da en los camiones de recolección donde los voluntarios también realizan el reciclaje de materiales con valor económico, el INECC estima que a nivel nacional el 5% de los RSU que se recolectan son valorizados por el sector informal, lo que representa un total de 350 Ton/día durante el 2014 en la CDMx, la cual podría ser mayor si se considera que el porcentaje de residuos valorizables que llegan a las estaciones de transferencia es un 12% menor a la media nacional, la cual se podría atribuir al trabajo realizado por los informales, ya que en la CDMx hay 3,103 voluntarios que representa el 47.68% del total de los trabajadores de recolección (Durán et al., 2013; INECC, 2012; SEDMA 2016b).

Recolección privada

Poca información se tiene acerca del servicio que prestan las empresas de recolección privadas en la CDMx, ya que no utilizan los servicios de disposición final y tratamiento, por lo que se desconoce la cantidad de RSU que manejan, se sabe que existen 101 prestadores de servicio que tiene registrados 941 vehículos, y que el 97.7% de ellos tiene su sede en el Estado de México y la CDMx.

4.1.3.2 Sustentabilidad financiera

Como sucede a nivel mundial uno de los mayores gastos de la CDMx está en el manejo de los RSU; el Gobierno de la CDMx destinó en el periodo 2001-2017 al manejo de los RSU un promedio de 3,600 millones de pesos (MDP) anuales registrándose un crecimiento promedio del 8% anual, como se muestra en la **Tabla 13** el gasto en el manejo se divide principalmente en dos rubros, el ejercido por las alcaldías para la recolección domiciliaria y el barrido manual que representa el 47% del presupuesto y el restante 53% corresponde a la transferencia y disposición final de los RSU ejercido por la DGSU.

La transferencia y disposición final de los RSU que está a cargo de la DGSU mantiene un costo unitario homogéneo, mientras que el costo unitario de la recolección resulta ser muy heterogéneo en las alcaldías. Si bien el costo de estos servicios depende de sus características físicas y socioeconómicas de cada delegación, y por ello se esperan costos distintos, no se considera que se esté dando una evaluación detallada de estos en los programas operativos anuales, ya que hay alcaldías que durante el periodo analizado reportan la misma cantidad de RSU en todos los años. En el anexo 2 se muestra los gastos relacionados con el manejo de los RSU,

Tabla 13. Presupuesto Público para el Manejo de RSU

Concepto	2011 (MDP)	2012 (MDP)	2013 (MDP)	2014 (MDP)	2015 (MDP)	2016 (MDP)	2017 (MDP)
Alcaldías (Barrido y Recolección)	1423	1399	1550	1940	1884	1745	1949
DGSU (Transporte, tratamiento y disposición final)	693	1006	1193	1538	3352	2547	1995
Total	2572	3376	3608	3478	4236	4293	3944
Inversión	382	3	1	38	584	638	41
Operación	2190	3373	3607	3440	3652	3655	3903
Inflación	3.82%	3.57%	3.97%	4.08%	2.13%	3.36%	6.77%

Fuente: (Banco de México, 2019; Secretaría de Administración y Finanzas de la Ciudad de México, 2018).

4.1.3.3 Fortaleza institucional y políticas proactivas

Marco jurídico nacional

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en el artículo 115, fracción III, define al servicio de limpia, como un servicio público municipal. De la misma manera señala que los municipios de un mismo estado, previo acuerdo entre sus ayuntamientos y con sujeción a la ley, podrán coordinarse y asociarse para la más eficaz prestación de los servicios públicos que les corresponda. En la **Figura 18** se presenta la jerarquización del marco legal vigente con respecto a RSU y posteriormente la normatividad relevante en orden cronológico.



Figura 18. Marco Legal del Manejo de los RSU
Fuente: Elaboración propia

LGEEPA (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente): publicada en el Diario Oficial el 28 de enero de 1988, con su última reforma publicada en julio de 2007 es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico; así como, a la protección del ambiente en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Es explícita en su artículo 137 al señalar que, queda sujeto a la autorización de los Municipios o del Distrito Federal, conforme a sus leyes locales en la materia y a las normas oficiales mexicanas que resulten aplicables, el funcionamiento de los sistemas de recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, reúso, tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales.

REGLAMENTO DE LA LGEEPA (Reglamento de la Ley General del Equilibrio ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental) Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de mayo de 2000, el reglamento rige en todo el territorio nacional y las zonas donde la Nación ejerce su soberanía y jurisdicción y tiene por objeto reglamentar la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Su aplicación corresponde al Ejecutivo Federal, por conducto de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Las Entidades Federativas y los Municipios deben aplicar en lo que corresponde a las materias de competencia federal cuyo control asuma conforme a lo previsto en la Ley.

LGPGIR (Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos): publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de octubre de 2003, es una ley reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refiere a la protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos, en el territorio nacional. En ella se establecen las bases para aplicar los principios de valorización, responsabilidad compartida y manejo integral de residuos. Además, se establecen los mecanismos de coordinación que, en materia de prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de residuos, corresponden a la Federación, las entidades federativas y los municipios

REGLAMENTO DE LA LGPGIR (Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos): Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de noviembre del 2006), rige en todo el territorio nacional y las zonas donde la Nación ejerce su soberanía y jurisdicción y tiene por objeto reglamentar la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Su aplicación corresponde al Ejecutivo Federal, por conducto de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Políticas nacionales

A nivel mundial durante los años 70, el enfoque sobre el manejo de los residuos comienza a transformarse de estar centrado solo en preservar la salud de los seres humanos a proteger también el medio ambiente haciendo un uso racional y eficiente de los recursos naturales, bajo los principios de prevención, precaución y responsabilidad del productor, principios que aún se mantienen vigentes. El principio de precaución establece que solo

los materiales con propiedades análogas a la tierra o con materiales nutrientes aprovechables deben ser devueltos a la tierra, mientras que el de precaución considera que solo se pueden autorizar actividades que no constituyen un riesgo significativo para la salud y el medio natural, finalmente el principio de responsabilidad asigna la responsabilidad de los residuos a los agentes económicos que producen los bienes (Hafkamp, 2002).

El Banco Mundial realizó en el año 2012 una revisión en el manejo de los residuos a nivel mundial, donde conceptualiza los sistemas de manejo de residuos sólidos sustentables, como la intercesión de tres factores fundamentales; Actores involucrados, elementos del sistema y aspectos políticos, legales, económicos y técnicos orientados todos ellos a preservar el medio ambiente para lograr un desarrollo sustentable. Como actores involucrados incluye a los individuos o grupos que tienen un interés o algún rol dentro del sistema. Considera necesario identificar a todos los actores involucrados e incluirlos dentro de la creación de los sistemas de manejo de residuos sólidos.

La Unión Europea es la región donde se encuentra el mayor desarrollo en cuanto al manejo de los residuos sólidos. En noviembre de 2013 fue aprobado por el Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea, el Programa de Acción en materia de Medio Ambiente (PMA) con metas específicas para el año 2020. En materia de residuos se establece como prioridad convertir los residuos en materia prima, para ello se han centrado en desarrollar iniciativas que modifiquen los hábitos de consumo, estimular la innovación en el reciclaje y disminuir la cantidad de residuos que son enviados al relleno sanitario. Acorde con lo establecido en la directiva 908 aplicable a toda la comunidad europea que prioriza la prevención, reusó y reciclaje de los residuos por encima de la disposición final, siendo el objeto de esta directiva proteger el medio ambiente y la salud humana mediante la prevención o reducción de impactos adversos de la generación y manejo de los residuos sólidos. Se espera que para el año 2020 el 50% de los residuos que se generan sean reciclados en los países miembros de la Unión Europea (EEA, 2013).

En México hasta antes de los años 70, los residuos sólidos eran retirados de las ciudades donde se generan e incinerados y/o vertidos en rellenos sanitarios o directamente al suelo, hasta ese momento el manejo de los residuos sólidos había sido estudiado como un problema de salud pública, los residuos tenían que ser retirados para prevenir enfermedades contagiosas, preservar la calidad del agua y evitar malos olores.

En 1983 con la Reforma Constitucional, se transfirieron a las autoridades Municipales la responsabilidad de prestar los servicios relacionados con los residuos sólidos urbanos que, atendía la Secretaría de Salubridad y Asistencia Social, por eso es común que los servicios relacionados con los residuos sólidos se les llame servicios de limpia.

Posteriormente en 1988 se promulgó la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). Identificó a los RSU como la principal fuente de contaminación del suelo y como medida de prevención propuso la construcción de Rellenos Sanitarios para su disposición final, además introdujo los principios de

prevención y precaución a fin de disminuir la cantidad de RSU que se generan y con ello el riesgo de contaminar el agua, el suelo y el aire.

No es sino hasta 2004, con la entrada en vigor de la Ley General Para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos, que en México se delineó una regulación uniforme sobre el manejo de los residuos sólidos a nivel nacional, se definieron las etapas o servicios con que se deben de contar para que los residuos se manejen en forma adecuada desde sus generación hasta sus disposición final y/o tratamiento a fin de que durante todo este proceso no causen afectaciones a la salud y el medio ambiente, para lo cual se incluyeron los principios de prevención, protección y responsabilidad compartida.

Para poder prestar estos servicios en forma adecuada la LGPGIRS establece que cada gobierno municipal debe de implementar un Programa Municipal para la Prevención y Gestión Integral de los Sólidos Urbanos (PMPGIRSU) que al menos incluya un Diagnostico Básico en el que precise la capacidad y efectividad de la infraestructura disponible, la política en materia de residuos sólidos urbanos, la definición de objetivos y metas , medios de financiamiento y los mecanismos para fomentar la vinculación entre programas municipales correspondientes, a fin de crear sinergias. De los 2,440 Municipios que existen en el país solo 74 cuentan con su PMPGIRSU donde se establecen las políticas en cuanto al manejo de los residuos sólidos urbanos, fundamentalmente de aquellos en que su principal actividad económica es el turismo gracias a sus atractivos naturales, por lo que la protección y preservación del ambiente está dentro de sus prioridades, lo cual hace evidente que a nivel municipal no existe una política pública para el adecuado manejo de los residuos.

Actualmente el Programa para la Prevención y Gestión Integral de Residuos 2016, tiene como objetivo principal fomentar proyectos para la adecuada disposición de los RSU que tendrán una cobertura intermunicipal o regional para aprovechar las economías de escala, para la protección del medio ambiente y protección de la salud pública.

Marco jurídico local

La CDMx es una de las entidades, con mayor avance en cuanto a la legislación en materia de RSU, fue una de las primeras en emitir su propia Ley de Residuos, para regular el manejo de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y de Manejo Especial (RME) y su respectivo reglamento. A través de estos instrumentos, fue la primera entidad del País en establecer una separación de RSU, y proponer tratamientos específicos para el aprovechamiento de los Residuos de la Construcción y Demolición (RCD) y RSU con la publicación de las Normas NADF-007-RNAT-2004 y NADF-024-AMBT-2013 respectivamente, como se muestra en la **Tabla 14**. Sin embargo, no existe dependencia que vigile el cumplimiento estricto de estas normas, aun cuando estas son del conocimiento de la ciudadanía, las sanciones por su incumplimiento no se aplican, son solamente llamadas de atención por parte de los trabajadores de limpia o restricción del servicio de recolección.

Tabla 14. Legislación en Materia de Residuos Sólidos en la CDMx

Publicación		Barrido y Recolección	Reciclaje, Tratamiento y Disposición Final	Normatividad
Reg. de Limpia	1988	A las alcaldías, así como la atención de quejas.	Corresponde al DDF, el diseño, la prestación de estos servicios en forma directa o a través de una concesión.	Corresponde al DDF, la aplicación de la normatividad y vigilancia del reglamento y sanción.
LRS-DF	2003	A las alcaldías, así como la promoción de los programas de separación. Supervisión de estos servicios corresponde a la Secretaria de Obras y Servicios.	A la Secretaria de Obras y Servicios establecer los criterios de normas técnicas para la construcción, conservación y operación y mantenimiento de las estaciones de transferencia, plantas de selección, tratamiento y disposición final de los RSU. Celebrar los convenios para la prestación de los servicios anteriormente descritos.	Corresponden a la SEAMA-DF, integrar la política ambiental, establecer los criterios, lineamientos y normas en materia de medio ambiente. Promover la investigación en materia de residuos sólidos.
NADF-007-RNTA-2004	2004	Deberán de separarse en tres fracciones. Materia de demolición, excavación y RSU	El material de demolición y excavación deberá de someterse a un proceso de reciclaje por cuenta del generador.	Establece la clasificación y especificaciones de manejo de los residuos de la construcción.
NADF-024-AMBT-2013	2013	Los generadores deberán de clasificar y almacenar sus residuos en cuatro fracciones Biodegradables, inorgánicos con potencial de reciclaje, inorgánicos con aprovechamiento limitado y manejo especial y voluminoso. La recolección se realizará de forma selectiva por días, rutas o vehículos diferenciados.	La fracción orgánica con potencial de reciclaje se someterá a un tratamiento por composta. Los residuos inorgánicos con potencial de reciclaje se enviarán a las plantas de separación, en donde se clasificarán en papel, cartón, metales, plásticos y vidrio para su valorización.	Establece los criterios y especificaciones técnicas bajo las cuales se deberá de realizar la separación clasificación, recolección selectiva y almacenamiento para el aprovechamiento de los RSU

Fuente: Elaboración propia

Políticas de la CDMx

El Gobierno de la Ciudad y la mayor parte de las ciudades en el mundo ven como alternativa idónea al problema de los residuos sólidos el invertir el flujo de residuos que actualmente se tiene, es decir que la mayor parte de estos no termine en un sitio de disposición final, sino que existan alternativas suficientes que permita a los usuario reciclar o reutilizar los residuos que generan, y restringir en medida creciente los servicios de limpia como recolección, transferencia, disposición final y tratamiento. Con estas medias de pretender llegar a un ideal de “basura cero” como se muestra en la **Figura 19**.

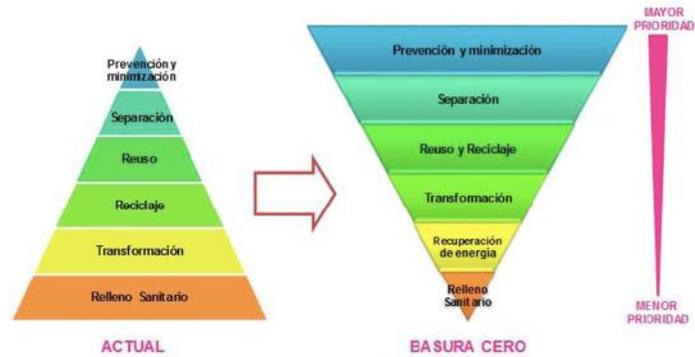


Figura 19. Perspectiva de la estrategia de “Basura cero”
Fuente: (SEDEMA, 2016b).

A fin de revertir este flujo de residuos, es necesario que la política ambiental y la legislación, este alineada con la operación y creación de la nueva infraestructura. En el caso de la CDMx, las mayores inversiones y cambios se tendrían que focalizar en la forma en que los usuarios disponen y almacenan sus residuos en sus domicilios en distintas fracciones, a fin de que no solo sean recolectados por los servicios de limpia, sino que existan a la par otros servicios que puedan recolectar estos subproductos y valorizarlos dándoles otros usos o reciclarlos industrialmente.

4.2 Expresión de la situación problemática

Acorde a la metodología de Checkland en esta primera etapa se define la situación problemática acerca del manejo de los RSU en la CDMx. El paradigma actual de los sistemas de manejo RSU, es ser ambientalmente efectivos, económicamente viables y socialmente aceptados, objetivos que el sistema de la CDMx no ha alcanzado.

4.2.1 Problemas del manejo de RSU en la CDMx

El Manejo de RSU es un sector en el que el gobierno de la CDMx tiene relativamente poco control. El gobierno de la ciudad está a cargo de los servicios públicos y se complementa con dos sistemas alternativos: servicios privados e informales (Guibrunet, 2019). Sin embargo, el gobierno de la ciudad no tiene registros de la cantidad de trabajadores informales, su organización y la cantidad de RSU que recuperan, mientras que de las empresas privadas no tienen registros de los RSU que recolectan y cuáles son sus destinos. Estos tres grupos trabajan en coordinación. Sin embargo, en la situación actual, el gobierno de la Ciudad no puede tener la capacidad de dirigir o modificar el manejo de RSU que realizan estos tres grupos para aumentar la cantidad de RSU reciclados y disminuir los impactos negativos sobre el medio ambiente. En la CDMx, no se aplican sanciones a los que no cumplen con las normas sobre separación de RSU, lo que ocasiona una baja participación de usuarios y proveedores de servicios en la separación de RSU. Más del 60% de los RSU se envían a rellenos sanitarios en las entidades vecinas a la CDMx (Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2018)

En la CDMx, desde mediados del siglo pasado, el destino de los RSU fue el Relleno Sanitario Bordo Poniente, excepto los RSU reciclados por el sector informal, hasta que el 2011, los RSU orgánicos comenzaron a tratarse a gran escala en la planta de composta donde se encontraba anteriormente el Bordo Poniente. Actualmente, la CDMx necesita aumentar la tasa de reciclaje de RSU, ya que la mayoría de sus RSU se envían a Rellenos Sanitarios privados en estados vecinos y no todos cuentan con sistemas de control y aprovechamiento de lixiviados y biogás (Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2016b). Para lograr tratamientos con mejor eficiencia que las plantas de separación y compostaje, se requieren alternativas como el tratamiento térmico que es sostenible desde los aspectos ambientales, económicos y sociales para los RSU que no pueden enviarse a tratamiento orgánico y/o reciclarse (Tsydenova, Vázquez Morillas, & Cruz Salas, 2018).

Sin embargo, hasta ahora los proyectos de incineración no han podido completarse debido a la oposición de la población y los grupos ambientales debido a su cercanía con las áreas urbanas por la falta de espacio en la ciudad y consecuentes reacciones NIMBY "No en mi patio trasero", caracterizado por la oposición a cualquier nueva instalación de gestión de residuos, sin importar cuán limpia o sostenible pueda ser (Marshall & Farahbakhsh, 2013). Esto ha tenido como resultado que la infraestructura para el MSWM no ha crecido ni diversificado, inclusive una de las 13 estaciones de transferencia se encuentra cerrada por las quejas de los vecinos de su posible ampliación, y por esta misma razón los sitios de disposición final se encuentran alejados de la población y fuera de la ciudad aunque esto eleva significativamente el costo del manejo.

Debido a que la CDMx no obtiene recursos por parte de los usuarios (por falta de pago) y con ello requiere incluir otros tipos de opciones de tratamiento, actualmente la mayor parte de los recursos económicos se destinan a la recolección, el transporte y la disposición final, en tanto los trabajadores informales hacen la recuperación de RSU con sus recursos escasos y en condiciones insalubres. Para un país con nivel de ingresos medio-alto como México, se esperaría que tuviera no solo rellenos sanitarios y plantas de composta, sino también tratamiento anaeróbico e incineración con recuperación de energía (D. C. Wilson et al., 2012).

El presupuesto limitado y la necesidad de aumentar la capacidad de los servicios de limpieza, ha provocado que, en lugar de crear nuevos empleos, se acepten voluntarios en los servicios de recolección y barrido para cubrir estas deficiencias (Guibrunet, 2019). En el servicio de recolección pública, los empleados municipales (choferes) y los voluntarios cubren las rutas y recolectan los RSU pidiendo propinas y separando los RSU reciclables (Castillo Berthier, 2003). Con propinas más altas y RSU más valiosos se obtiene un mejor servicio (Wismer & Lopez de Alba Gomez, 2011). Por su parte las autoridades toleran la exigencia de propinas porque parte de ellas se guarda para dar mantenimiento a los camiones de basura (Guibrunet, 2019).

Como consecuencia de lo anterior, los habitantes de la CDMx deben realizar un pago, al menos por los servicios de recolección. Es contradictorio que los habitantes realicen un pago para que los vehículos de recolección permanezcan en funcionamiento, y el

gobierno no administre estos recursos económicos sin la posibilidad de aprovechar las economías de escala.

Para mejorar los sistemas de Manejo de RSU, es necesario realizar una planificación estratégica para documentar, comprender y aprovechar los sistemas existentes que incluyan al sector informal. Las experiencias demuestran que será más costoso y menos útil construir un nuevo sistema formal que ignore al ya establecido (Scheinberg & Anschütz, 2006; David C. Wilson, Araba, Chinwah, & Cheeseman, 2009; David C. Wilson, Velis, & Cheeseman, 2006). El punto de partida para mejorar los sistemas de manejo de RSU es analizar los éxitos y fracasos actuales del sistema existente, y sus puntos fuertes y débiles (Mavropoulos, 2014), para ello se requieren nuevas herramientas, técnicas y políticas para determinar la línea de base y monitorear el crecimiento y el cambio en el manejo de RSU de la mega-ciudad (McLaren, Coleman, & Mayunga, 2005).

4.2.2 Dimensiones del manejo de RSU en la CDMx

Debido a la complejidad de los temas ambientales en la Zona Metropolitana del Valle de México, para el Manejo de RSU de la CDMx intervienen los tres niveles de gobierno y prestadores de servicios públicos, privados e informales como se muestra en la **Figura 20**.

En cuanto a los niveles de gobierno, a nivel local intervienen las 16 Alcaldías de la CDMx que realizan la recolección y barrido, así como tres municipios del Estado de México y uno del Estado de Morelos en donde se realiza la disposición final; la Dirección Ejecutiva de Transferencia y Disposición Final de la CDMx está a cargo de la transferencia, tratamiento orgánico y las plantas de separación.

En cuanto a las opciones de manejo de RSU se tienen los prestadores públicos y privados que se enfocan en la prestación de los servicios de limpia para la protección de la salud y el medio ambiente, y el sector informal se enfoca junto con el privado a la valorización de RSU, siendo el sector informal el que tiene un rol preponderante en la CDMx, ya que la mayor parte de los trabajadores de recolección y todos los de las plantas de separación son voluntarios y subsisten de las propinas o materiales que recuperan para su venta. Mientras que en la coordinación de los distintos prestadores de servicio se encuentran la Secretaría de Obras y Servicios Públicos (SOBES) en la parte operativa, y la SEDEMA en la parte normativa y de Políticas Públicas.

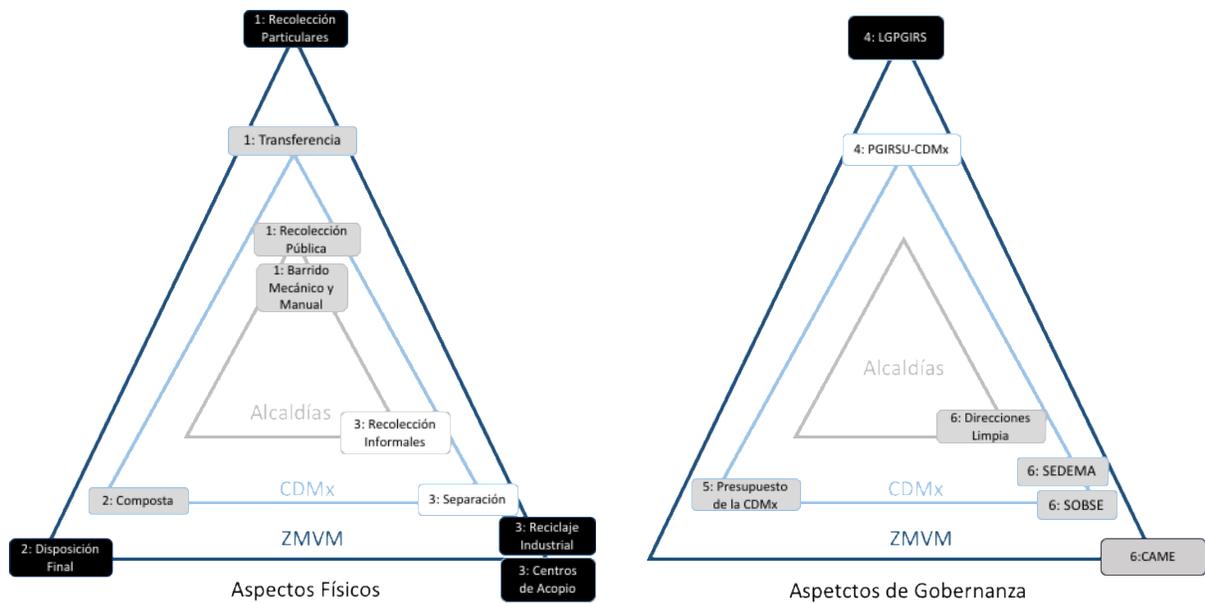


Figura 20. Elementos y dimensiones de la situación problemática.
Fuente: Elaboración Propia

4.2.3 Visión Rica

En esta sección se expresará gráficamente a manera de pictograma el manejo de los RSU en la CDMx, con la información disponible acerca de los actores involucrados y servicios que se presentan, así como las relaciones existentes entre los distintos servicios resaltando en rojo aquellas que se consideran conflictivas como se muestra en la **Figura 21**, y en la **Tabla 15** se describe que representa cada uno de los elementos gráficos de la visión rica.

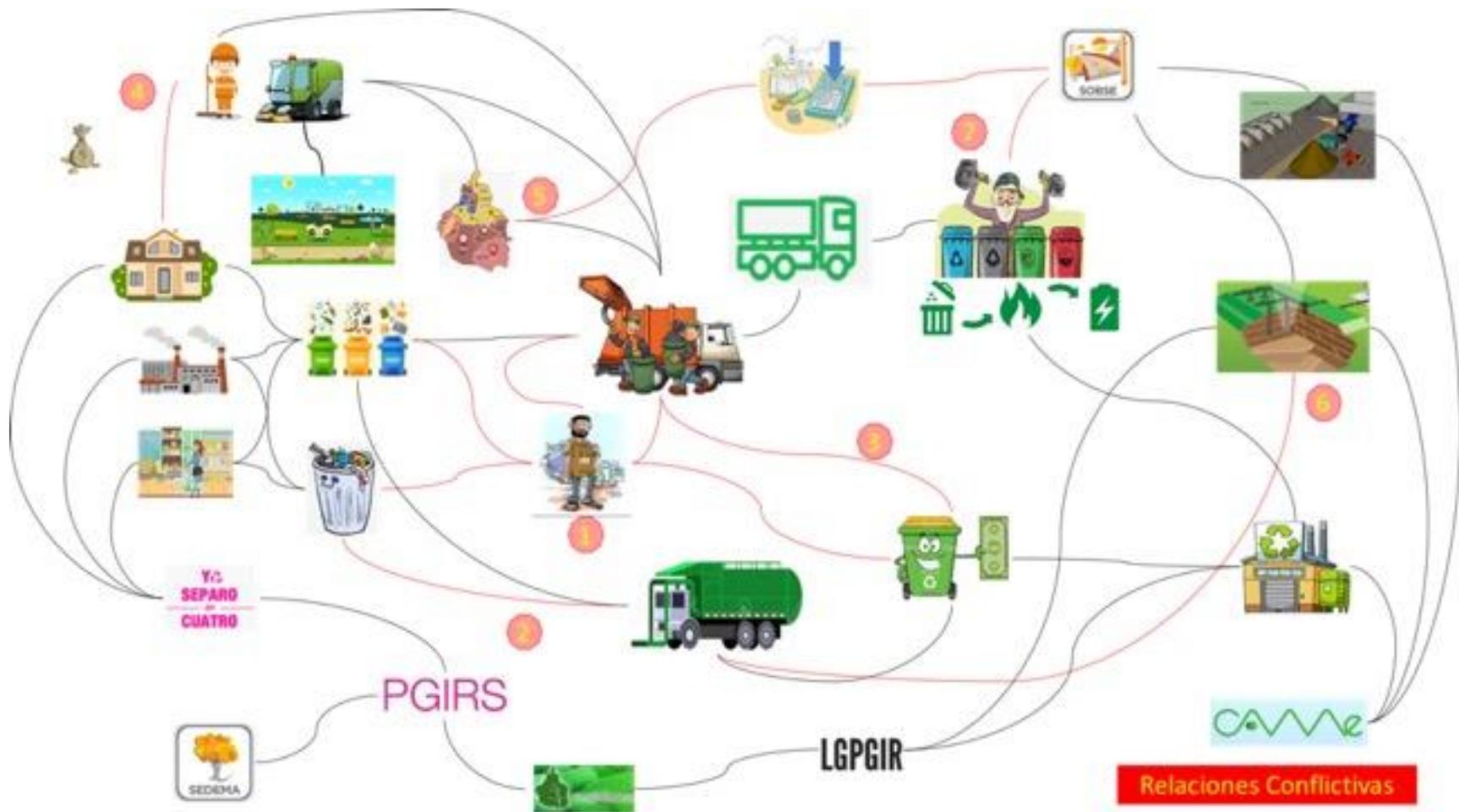


Figura 21. Visión Rica
 Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15. Elementos de la Visión Rica

Aspectos Físicos		Aspectos de Gobernanza		Contexto	
	Barrido Mecánico		CAME		Nivel de ingreso
	Barrido Manual		SOBES		Espacios Públicos
	Recolección Informal		SEDEMA		Casas Habitación
	Recolección Municipal		Direcciones de Limpia en las Alcaldías		Industrias
	Recolección Privada		Presupuesto Publico		Comercios
	Transferencia		LGPGIR		Almacenamiento Diferenciado de RSU
	Plantas de Separación		PGIRS		Almacenamiento de RSU
	Composta		Ley RS		Residuos Orgánicos
	Disposición Final		Normas de Separación		Residuos Inorgánicos
	Centro de Acopio				
	Reciclaje Industrial				

Fuente: Elaboración propia.

Conforme a la metodología de los sistemas suaves, en la **Tabla 16** se enlistan las relaciones problemáticas existentes en el manejo de los RSU, que se identificaron gráficamente en la **Figura 21**.

Tabla 16. Relaciones Conflictivas Identificadas.

#	Ámbitos que abarca la interrelación	Elementos Involucrados en la interacción	Estatus de la interrelación con respecto a la situación problemática	Descripción de la interrelación
1	Alcaldías-CDMx	Informales-SEDEMA	Directa Conflictiva	No se reconoce en la política y en la normatividad la actividad que realizan los informales se pretende erradicar y que la separación la realicen los generadores.
2	CDMx	SEDEMA-Recolección Particular	Directa Conflictiva	Los recolectores particulares prestan sus servicios en las condiciones que acuerdan con los generadores, sin considerar la normatividad local, ya que no hay un registro o supervisión.
3	Alcaldías-CDMX	Recolección Pública – SEDEMA	Directa Conflictiva	La recolección pública que presentan las Alcaldías es la encargada de implementar la política ambiental y vigilar el cumplimiento de la normatividad, sin embargo, la mayor parte de los trabajadores son voluntarios, su principal fuente de ingresos son las propinas de los generadores, así que en primera instancia está su satisfacción.
4	Alcaldías	Recolección Pública - Barrenderos	Directa Conflictiva	Los barrenderos realizan labores de recolección ofreciendo mejores condiciones a los generadores (sin separar, horarios más flexibles, etc.)
5	Alcaldías-CDMX	Recolección Pública-SOBSE	Directa Conflictiva	La CDMx no tiene recursos para modernizar los equipos de recolección y contar con personal suficiente para aplicar a cabalidad la normatividad y política ambiental.
6	Nacional-CDMX	Concesionarios-SOBES	Directa Conflictiva	Los sitios de disposición final que se utilizan están fuera de la CDMx, cumplen en forma parcial la normatividad, por lo que existen peticiones de los gobiernos locales y de la SEMARNAT que la CDMX deje de utilizarlos.
7	CDMX-CDMX	SOBES – Informales	Directa Conflictiva	Las plantas de separación son operadas por los pepenadores de los antiguos tiraderos, por lo que tienen una baja eficiencia. Se construyeron más como alternativa al problema social que como un tratamiento efectivo. Se ha reducido la cantidad de residuos que se envían a fin de controlar los costos de operación.

Fuente: Elaboración Propia.

4.3 Definiciones de raíz de los sistemas relevantes

Acorde a la metodología de los sistemas suaves, para construir el modelo conceptual que sea una exploración holística es necesario considerar más de una definición de raíz, se recomienda realizar al menos la definición de la tarea principal empleando la información oficial declarada a través de los organigramas, manuales y normas existentes; y otra basada en situaciones problemáticas cuando el proceso de transformación se da en condiciones extraordinarias que requiere salir de los límites establecidos, Checkland (Checkland, 1999, 2000) considera que es necesario construir a partir de estas dos definiciones el modelo conceptual con un enfoque que conjunte todas las visiones. Para cada una de las visiones consideradas es necesario definir seis elementos indispensables para entender cada una de estas visiones.

4.3.1 Tareas principales

Para el caso del sistema de manejo de RSU de la CDMx, se identifican como las tareas principales las relacionadas con los aspectos físicos del MISR que son: la protección a la salud, la protección medio ambiente y la valorización de residuos.

La protección a la salud la realizan los servicios públicos de limpia la cual consiste en la recolección de los RSU de los espacios públicos y las casas habitación, para su disposición final y/o tratamiento fuera de la CDMx, para este fin, existen en las alcaldías los departamentos de limpia y en la CDMx se cuenta con la DGSU cada una de estas dependencias cuenta con infraestructura, presupuesto y personal propio para realizar esta transformación; aunque es importante mencionar que la mayor parte de los empleados de limpia son voluntarios que aunque cumplen con las tareas del servicios de limpia su principal interés es la obtención de propinas y valorización de residuos para obtener un ingreso.

La protección al medio ambiente consiste en la disposición final y el tratamiento de los RSU, el cual el realizado por los servicios privados y públicos. Los servicios privados se encargan de la disposición final y la compactación de RSU para su aprovechamiento térmico, mientras que la planta de composta está a cargo del servicio público. Estos servicios son coordinados por al Dirección Ejecutiva de Transferencia y Disposición Final, uno de los mayores problemas de este sistema es la falta de recursos para la construcción de mejor infraestructura ya que la mayor parte de estos se destina a la operación.

La valorización de los RSU , es el proceso que acorde a la política en materia de RSU debería ser el de mayor importancia, sin embargo, no existe una dependencia encargada de este proceso ni normas que regulen los proceso de valorización como en el caso de la disposición final, la mayor parte del proceso de valorización de los RSU lo realizan los voluntarios e informales conforme a las condiciones del mercado de los productos reciclables, de forma que tal que la valorización de un RSU depende exclusivamente del valor que tenga en el momento. Para este análisis Checkland (Checkland, 1999, 2000)

propone la nemotecnia CATWOE como lista de comprobación para asegurarse de que las características importantes de las definiciones raíz están incluidas.

4.3.2 CATWOE

En la **Tabla 17** son definidos cada uno de los seis elementos **CATWOE** (por sus siglas en inglés), a fin de identificar quien realiza los procesos de transformación, quién se beneficia o es afectado, y qué factores ambientales restringen el sistema, y que elementos pueden impedir que se lleven a cabo las transformaciones del sistema.

Tabla 17. CATWOE.

CATWOE		Protección de la Salud Pública	Protección del medio ambiente	Valorización de los Residuos
C	Clientes. Los beneficiarios o víctimas del proceso de transformación.	Población de la CDMX	La calidad del aire, agua y suelo de la CDMx	El sector informal y los voluntarios Fabricantes de productos
A	Actores: Los que realizan los procesos de transformación.	Los prestadores de servicios de limpia públicos y privados.	Privados que realizan la disposición final. Públicos que realizan el tratamiento orgánico.	El sector informal y los voluntarios. Población de la CDMx
T	Transformación: La conversión de las entradas y salidas.	La recolección y transporte de los RSU fuera de las CDMx	El control de las emisiones contaminantes por la disposición final y tratamiento de los RSU.	Reuso y reciclaje de productos a un nivel industrial.
W	Weltanschauung: La expresión alemana para cosmovisión, la opinión que del mundo, hace que el proceso de la transformación sea significativo en un cierto contexto.	Una de las principales fuentes de enfermedades contagiosas, son los RSU, por lo que es necesario retirar y disponer adecuadamente fuera de las zonas urbanas.	Para preservar la calidad ambiental, es necesario mitigar los impactos negativos que generan el manejo de los RSU	Para que exista un desarrollo sostenible, se debe de disminuir la cantidad de recursos naturales que se explotan y valorizar los RSU que se generan mediante su reúso o tratamiento.
O	Dueños: Los que pueden impedir la transformación.	Los servicios de limpia.	Las secretarías de medio ambiente, federal y locales, encargadas de la normatividad y política en materia de RSU.	Los fabricantes de productos.
E	Medio Ambiente: Elementos fuera del sistema que restringen las entradas y salidas.	Los hábitos y costumbres de consumo de la población. La disponibilidad de sitios para disponer los RSU	Disponibilidad de sitios y recursos económicos para realizar los tratamientos y disposición final. Modificación en los límites en la emisión de contaminantes.	Las condiciones del mercado materias primas. Normatividad en cuanto a la fabricación de productos con materiales reciclados.

Fuente: Elaboración propia.

4.4 Modelo Conceptual

Para que exista un MIS-RSU en la CDMx se tendría que dar cumplimiento a la NADF-024-AMBT-2013, la cual establece las fracciones en las cuales se deben separar los RSU y el tratamiento idóneo al que deberán someterse, sin embargo, en la práctica esta separación no es realizada por la población de la CDMx.

Las relaciones conflictivas, 1 y 4 están relacionadas con el incumplimiento en la separación, además de la falta de participación de la población, los distintos prestadores de servicios (Públicos, Privados e Informales) tiene predilección por una de las fracciones dependiendo de sus intereses y objetivos de tratamiento, sin embargo, no existe actualmente una correlación entre el interés de los prestadores de servicio por una determinada fracción y los RSU que maneja o que son su entera responsabilidad, ocasionando que existan tareas duplicadas o inclusive que se contrapongan cuando dos o más prestadores de servicio están a cargo de una misma fracción y sus objetivos de tratamiento o valorización son distintos.

Otra deficiencia que se identificó en el manejo de los RSU en la CDMx, es la incertidumbre en el que operan las empresas privadas, lo cual ocasiona las relaciones conflictivas 2, 3, 5 y 6 las cuales se podrían solucionar mediante una mayor rigidez en la aplicación de las normas y mayores plazos de contratación que mejoren las condiciones de contratación.

Finalmente, las relaciones conflictivas 1 y 7, están relacionadas con la inclusión y falta de reconocimiento del sector informal y los voluntarios. Para ello se propone un modelo conceptual en el cual se asigne el manejo de las distintas fracciones de los RSU al prestador de servicio que tenga mayor interés en una determinada fracción, a fin de evitar que existan tareas duplicadas o que se contrapongan.

En la **Figura 22** se muestra la propuesta para el Manejo Integral Sustentable de Residuos Sólidos Urbanos (MIS-RSU) en la CDMx. En el cual el sistema de protección al ambiente está integrado por el servicio público que se encarga de la recolección y transporte de los RSU orgánicos y No reciclables. El servicio de Protección al ambiente estaría integrado por el servicio particular encargado de la composta y la disposición final. Mientras que el sistema de valorización estaría a cargo de los informales y voluntarios en la recolección y transporte, y los privados en el acopio y tratamiento industrial.

Cada uno de estos sistemas de protección a la salud, medio ambiente y valorización, están formado por distintos subsistemas que son autónomos, pero que se agrupan en estos tres sistemas relevantes ya que manejan los mismos tipos de RSU o los objetivos de los servicios que se prestan están alineados.

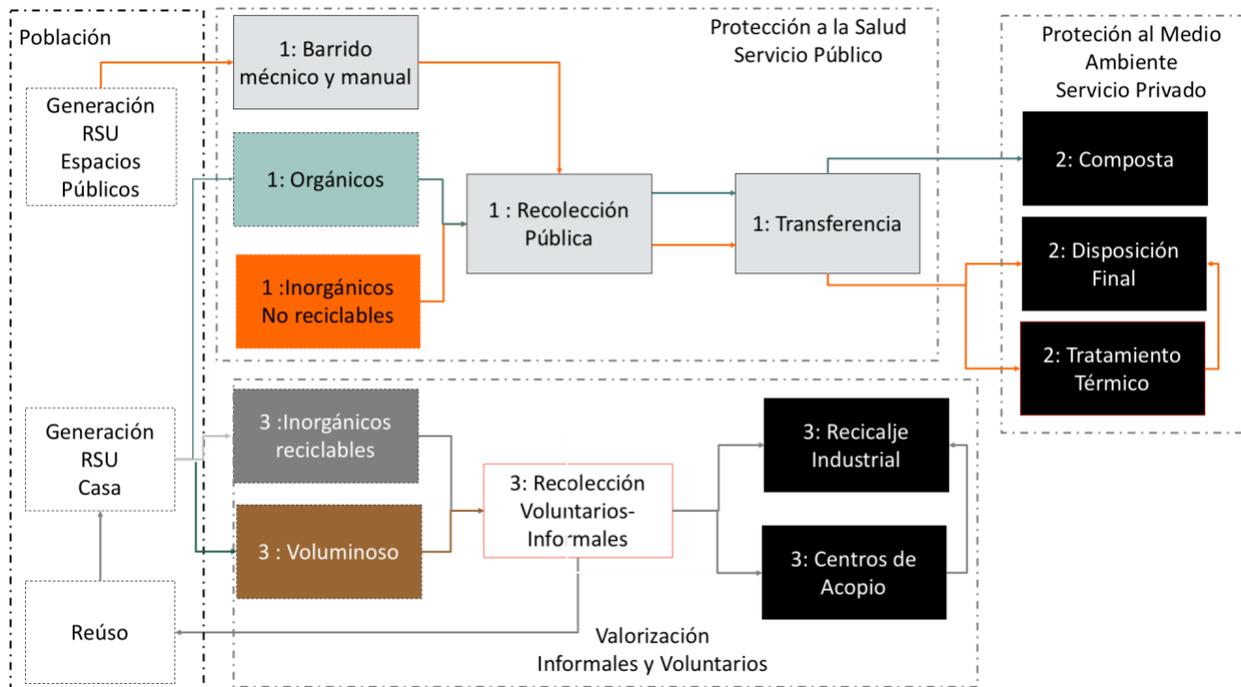


Figura 22. Modelo Conceptual Propuesto
Fuente: Elaboración propia.

4.4.1 Sistema de protección a la salud

Los servicios de limpia consisten en la recolección de la fracción orgánica y la inorgánica NO reciclable de los RSU de los espacios públicos y las casas habitación, para su disposición final o tratamiento térmico en instalaciones privadas fuera de la CDMx. Los encargados de las operaciones de este sistema son los servicios de limpia público cuya tarea principal está enfocada en la recolección y transporte de los RSU orgánicos y no valorizables fuera de las zonas urbanas.

Como se muestra en la **Figura 23**, para cumplir con la tarea de protección a la salud, se tiene el barrido manual y mecánico que son los encargados de realizar la recolección de los residuos que se encuentran en las calles, avenidas, parques y espacios públicos. En la CDMx, el barrido mecánico se encarga de las avenidas que abraquen más de una alcaldía y del resto se encarga el barrido manual de cada alcaldía. En cuanto a los residuos orgánicos e inorgánicos no valorizables, estos son recolectados exclusivamente por el servicio público de cada alcaldía para entregarlos a las estaciones de transferencia que posteriormente los transportan a las plantas de composta, disposición final o tratamiento térmico. En este modelo se considera que los particulares limitarían sus servicios a los comercios e industrias como lo marca la normatividad vigente por lo que no tendrían injerencia en la recolección de RSU.

Actualmente este es el sistema con la mayor infraestructura, presupuesto y personal propio para realizar sus operaciones, y está integrado por la recolección, barrido y transporte en las alcaldías, todos pertenecientes al servicio público de la CDMx.

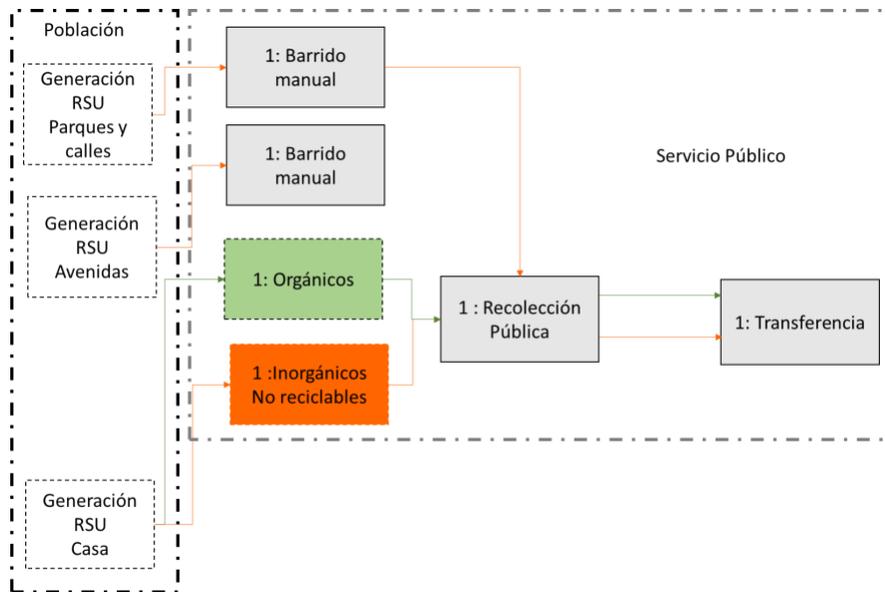


Figura 23. Propuesta del Sistema Limpia.
Fuente: Elaboración propia

4.4.2 Sistema de protección al medio ambiente

En la **Figura 24** se muestra el sistema de protección al medio ambiente propuesto a cargo de los prestadores de servicio privado, los cuales invierten en la construcción de infraestructura para el tratamiento o disposición final de RSU, para posteriormente prestar sus servicios a los gobiernos locales. En el caso de la CDMx en el MIS-RSU propuesto estaría integrado por la disposición final, el tratamiento por composta y el acondicionamiento de una fracción de los RSU NO Reciclables en las Plantas de Separación para su tratamiento térmico, dado que ya no se recibirían RSU reciclables. Se pretende que el servicio particular asuma todas las operaciones de protección al ambiente, y que la Dirección General de Servicios Urbanos y Sustentabilidad (DGSUyS) modifique el esquema de contratación actual por periodos mayores a los actuales a fin de que se puedan realizar mejoras a la infraestructura existente. Los servicios de disposición final y tratamiento son supervisados por la DGSUyS.

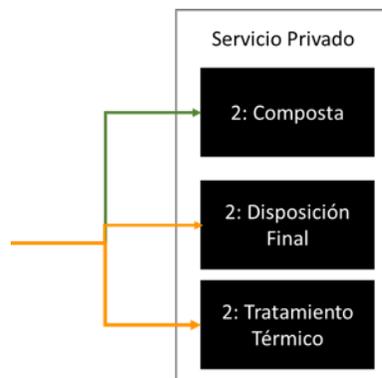


Figura 24. Propuesta del Sistema de Protección al Medio Ambiente.
Fuente: Elaboración propia.

4.4.3 Sistema de valorización de RSU

La valorización de los RSU es el proceso que acorde a la política en materia de RSU (jerarquización de las operaciones de RSU) debería de ser el de mayor importancia, sin embargo, actualmente este sistema no tiene identidad propia y sus operaciones se encuentran entrelazadas con los sistemas de limpia y protección al ambiente, carece de normas que regulen los procesos de valorización y reciclaje. En el sistema de valorización los grupos de mayor interés son los informales y voluntarios en la recolección y transporte de los RSU orgánicos no reciclables, y en el acopio y reciclaje los particulares que posteriormente utilizarán en sus procesos industriales las materias primas obtenidas.

La asociación internacional de residuos solidos ISWA por sus siglas en inglés, considera que una solución benéfica para todos los involucrados en el manejo de los RSU, es el aumento de las tasa de reciclaje, que permita desarrollar los medios de vida de las personas dedicadas a la pepena y separación de RSU, además de reducir los impactos al medio ambiente por la disposición final de los RSU y reducir los costos del manejo de RSU en las ciudades, para lo que es necesario incluir exitosamente al sector informal dentro de un sistema de manejo integral y sustentable de RSU (Mavropoulos, Willson David C., Appelqvist, Vells, & Cooper, 2012).

En la **Figura 25** se muestra el MIS-RSU para el sistema de valorización de RSU, el cual plantea que la recolección de los residuos reciclables en los domicilios de la CDMx esté a cargo exclusivamente de los voluntarios e informales, los cuales se entregarían en los centros de acopio que se encuentran dentro de las alcaldías y que posteriormente se enviarán al reciclaje industrial en instalaciones fuera de la CDMx. Para ello es necesario promover la separación de RSU a fin de que los voluntarios e informales solo acopien residuos reciclables y no tengan que depositar parte de sus RSU en las estaciones de transferencias para su disposición final o tratamiento.

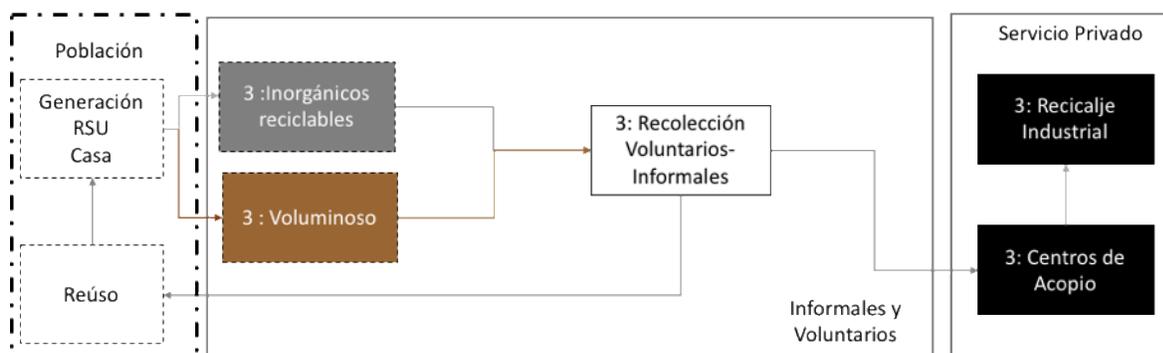


Figura 25. Propuesta del Sistema de Valorización de RSU.

Fuente: Elaboración propia.

aspectos físicos que son las estrategias de gobierno para un funcionamiento óptimo del modelo, las cuales identifican tres aspectos: la inclusión, a través de la cual tanto los prestadores de servicio y usuarios contribuyen y se benefician del manejo de residuos sólidos; sustentabilidad financiera mediante la cual se asegura que los servicios y actividades del manejo de los RSU tiene un costo beneficio viable; y es la base de la fortaleza institucional y las políticas proactivas. Cada uno de estos 6 aspectos, son evaluados mediante 12 indicadores, 4 cuantitativos y 8 cualitativos, los aspectos físicos se evalúan con indicadores cuantitativos y cualitativos, un para cada tipo para cada aspecto, con excepción de la protección a la salud pública que tiene dos indicadores cuantitativos, mientras que los aspectos de gobernanza se evalúan solo con indicadores cualitativos, dos para cada aspecto con excepción de la sustentabilidad financiera que se evalúa solo con un indicador.

Los indicadores de referencia en el MIS-RSM son resultado del trabajo realizado por el programa Hábitat de la Naciones Unidas para obtener un perfil deseado del manejo integral de los residuos sólidos en países desarrollados y en vías de desarrollo: La metodología de indicadores de referencia se ha probado en más de 50 ciudades del mundo, lo cual sustenta que es una enfoque adecuado para evaluar el desempeño de las ciudades que se encuentran en las etapas primarias de desarrollo del manejo integral de los RSU. Para evaluar este desempeño se establecieron 5 categorías, baja, media baja, media, media alta y alta, cada indicador cuantitativo tiene su propia escala de valoración, y para los indicadores cualitativos se tiene una sola como se muestra en la siguiente **Tabla 18**.

Tabla18. Escalas de valorización indiciadores.

Indicador	Nivel de Desempeño				
	Bajo	Medio Bajo	Medio	Medio Alto	Alto
1.1	0 a 49%	50 a 69%	70 a 89%	90 a 98 %	99 a 100%
1.2					
1.C	0 a 19%	20 a 39%	40 a 59%	60 a 79%	80 a 100 %
2	0 a 49%	50 a 74%	75 a 84%	85 a 94%	95 a 100%
2.E	0 a 19%	20 a 39%	40 a 59%	60 a 79%	80 a 100 %
3	0 a 9%	10 a 24%	24 a 44%	45 a 64%	Más de 65%
-3R	0% a 19%	20 a 39%	40 a 59%	60 a 79%	80 a 100 %
4U					
4P					
5F					
6N					
6L					

Fuente: (D. C. Wilson et al., 2015)

4.5.1 Indicadores de contexto

El primer indicador (B1) a considerar es el nivel de ingresos en función del cual se delimitan cada uno de los niveles de cumplimiento, no se tienen las mismas exigencias para los países desarrollados que para los que están en vías de desarrollo, para este caso se debe tomar en cuenta lo reportado por el Banco Mundial y las proyecciones de las Naciones Unidas para 2020 (United Nations, 2019).

A la generación de residuos le corresponden los indicadores de contexto W.1 y W.2, que corresponde a la generación per cápita por año y la composición de los residuos. Para la generación se considera un progreso, si existe una disminución en los RSU, dado que esto representa un avance en la prevención que es la opción de mayor jerarquización en el manejo integral de los RSU, mientras que para el caso de la composición se espera que exista un aumento en el porcentaje de residuos orgánicos dado que una mayor parte de los inorgánicos se está reduciendo o reutilizando.

La CDMx es la ciudad que más residuos genera y con el mayor índice de generación per cápita según el Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2015 (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2016). En la **Tabla 19** se muestra la generación RSU en la CDMX, con datos recopilados por la DGSU en los inventarios de Residuos Sólidos y la proyección para el 2020 conforme a las tasa de crecimiento registrados en el periodo 2011-2017 que es de 0.32%.

Tabla 19. Generación y composición de residuos sólidos municipales (RSU) en la CDMx y a nivel nacional

RSU	Composición %	2017	MIS-RSU 2020
		Generación Ton/día	Generación Ton/día
Orgánicos	49.95%	6,493	6,555
Inorgánicos NO Reciclables	22.87%	2,973	3,001
Inorgánicos Reciclables	27.18%	3,533	3,567
Total	100.00%	12,998	13,123

Fuente: (Durán et al., 2013; Gutierrez-Galicia, Coria-Páez, Padilla-Tejeida, & Tejeida-Padilla, 2019; Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2018)

En cuanto a la composición de RSU el estudio más reciente data del año 2008, el cual se realizó en las estaciones de transferencia, del cual se obtuvo que el 77.13 % de los RSU se puede aprovechar, ya que 27.18% son susceptibles de valorización, un 49.95% son de orgánicos, y únicamente un 22.87% son de otro tipo de residuos que no son susceptibles de valorización o tratamiento orgánico (Durán et al., 2013), al no tener datos

más recientes sobre la composición de RSU, se consideró que esta se ha mantenido constante.

4.5.2 Indicadores de Aspectos Físicos

4.5.2.1 Indicadores del sistema de protección a la salud

Para evaluar el componente físico de la recolección, se utilizan tres indicadores, dos cuantitativos que corresponden a la cobertura de recolección y la cantidad de RSU captados por el sistema, además de un indicador cualitativo que se utiliza para evaluar la calidad del servicio de recolección.

Tabla 20. Indicador 1.1 Cobertura de Recolección

Descripción	2017		MIS-RSU 2020	
	Ton/día	%	Ton/día	%
Generación	12,998	100.0%	13,123	100.0%
Barrido Manual	1,038	8.0%	1,050	8.0%
Barrido Mecánico	1,082	8.3%	1,089	8.3%
Recolección Alcaldías	6,766	52.1%	7,518	57.3%
Recolección Servicio Publico	8,886	68.4%	9,657	73.6%
Recolección Privada	35	0.3%	0	0.0%
Recolección Voluntarios	1,748	13.4%	2,153	16.4%
1.1 Cobertura de Recolección	10,669	82.1%	11,811	90.0%
Categoría	Medio		Medio-alto	

Fuente: (Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2018)

En la **Tabla 20** se muestra la evaluación del indicador 1.1 que mide la cobertura de la recolección como la proporción que existe entre los RSU recolectados y generados. Para el caso de la CDMx en año 2017, se recolectaron en la CDMX 10,669 Ton/día que representan una cobertura del 82.1% (Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2018). La cobertura del 82% se encuentra entre el 70-89% que corresponde a un nivel medio, lo que hace evidente una deficiencia en este rubro considerando que el nivel de ingresos del país es de medio-alto por lo que se esperaría un mejor desempeño de al menos un 90% de cobertura de recolección para coincidir con el valor establecido de acuerdo con el PIB en un nivel medio-alto. Este rezago se atribuye más a una falta de control sobre los prestadores de servicios privado e informales sobre los que se desconoce la cantidad exacta de residuos que maneja, por lo que la cobertura

recolectada solo corresponde a lo realizado por el servicio público. El modelo conceptual propuesto, asumen que al dar reconocimiento a la labor realizada por los informales y voluntarios como un servicio independiente y que sean los únicos responsables del manejo de los RSU inorgánicos reciclables, la cobertura de recolección se incrementaría al 90% que corresponde al valor mínimo en Europa, Asia Central y América del Norte, donde se recicla el 31% de los RSU el mayor porcentaje en el mundo (Kaza, Yao, Bhada-Tata, & Van Woerden, 2018). Se considera que el servicio público captaría el 73.6% de los residuos y los informales el 16.4% como se observa en la **Tabla 20**.

En la **Tabla 21** se muestra la evaluación del indicador 1.2 el cual mide la proporción entre los RSU que llega a los distintos tratamientos y la disposición final entre el total que se genera: Para el año 2017, este indicador alcanzó un valor del 82.68% que corresponde a un nivel medio sin considerar las 1,358 Ton/día de RSU del Estado de México que se recibieron en las plantas de selección. El modelo conceptual considera que el 90% de los RSU de la CDMx sean captados por el sistema al igual que la cobertura de recolección, con lo que se alcanzaría un nivel medio alto que representaría un aumento del 7.9%. Para ello se considera que la planta de composta se utilizaría a su máxima capacidad que es de 2,500 Ton/día, el porcentaje de residuos reciclados se incrementaría 1.7 % y se reduciría en 2.6% la cantidad de RSU que se envían a los rellenos sanitarios.

Tabla 21. Indicador 1.2 Residuos Captados por el Sistema

Descripción	2017		MIS-RSU 2020	
	Ton/día	%	Ton/día	%
Generación	12,998	100.0%	13,123	100.0%
Reciclaje Voluntarios	1,748	13.4%	2,153	16.4%
Reciclaje Informales	163	1.3%		
Reciclaje Total	1,911	14.7%	2,153	16.4%
Tratamiento Composta	1,400	10.8%	2,500	19.1%
Tratamiento Térmico	932	7.2%	941	7.2%
Disposición Final	6,504	50.0%	6,217	47.4%
Servicio Público	8,836	68.0%	9,657	73.6%
1.2 RSU Capturados por el sistema	10,747	82.7%	11,811	90.0%
Categoría	Medio		Medio Alto	

Fuente. Elaboración Propia.

Finalmente, en la **Tabla 22** se muestra la evaluación del indicador de calidad en el servicio de recolección 1C que se mide mediante seis parámetros distintos, que se enfocan en la apariencia de la ciudad, y en la infraestructura, personal y planeación de este servicio, cada uno de estos parámetros se evalúa asignando una calificación de 0,5,10,15,20 que corresponde a un nivel bajo, medio-bajo, medio, medio-alto y alto. La

CDMx en el 2017 obtuvo una calificación de medio-alto que corresponde al rango del 60-80% se considera que, en este rubro, aunque existen áreas de oportunidad para mejorar no existe rezago en relación con la situación económica del país.

Tabla 22. Indicador 1.C. Calidad de la recolección

Número	Criterio	2017	MIS-RSU 2020
1C.1	Apariencia de los puntos de recolección.	15	15
1C.2	Efectividad de la limpieza de calles.	20	20
1C.3	Efectividad de la recolección en las zonas de escasos recursos.	10	10
1C.4	Eficiencia y efectividad del transporte de los RSU.	20	10
1C.5	Planeación y planificación oportuna del servicio.	10	20
1C.6	Seguridad y salud de los trabajadores de recolección.	5	10
Total, de puntos		80	85
1.C Calidad de los Servicios de Recolección ²		67%	71%
Categoría		Medio-alto	Medio-alto

Fuente: Elaboración Propia

El modelo Conceptual considera que el servicio de recolección se reorganice en función de los intereses de los prestadores de servicios y darles el mismo reconocimiento que el servicio público, por lo que en calidad mejoraría en la planeación del servicio que deberá de ser más detallada para coordinar estos servicios y en seguridad y salud de los trabajadores ya que a los informales y voluntarios se les exigiría el uso de uniformes y Equipos de Protección Personal (EPP) al igual que al servicio público, con lo que este indicador alcanzaría un valor del 70.8% dentro del rango medio-alto.

4.5.2.2 Indicadores del sistema de protección al medio ambiente

El control de la contaminación se mide mediante dos indicadores uno cuantitativo y uno cualitativo. El indicador cuantitativo 2 mide la proporción de RSU que son tratados o enviados a disposición final entre el total de RSU que se generan menos los que se reciclan o reúsan como se muestra en la **Tabla 23**.

² Promedio ponderado sobre 120 puntos totales.

Tabla 23. Indicador 2 Tratamiento y disposición final controlada

Descripción	2017		MIS-RSU 2020	
	Ton/día	%	Ton/día	%
Generación	12,998	100.0%	13,123	100.0%
Reciclaje	1,911	14.7%	2,153	16.4%
RSU Captados por el sistema	10,747	82.1%	11,811	90.0%
2 Tratamiento y disposición final controlada	8,836	79.7%	9,657	88.0%
Categoría	Medio-Alto		Medio-Alto	

Fuente: Elaboración Propia.

El indicador 2 se calcula dividiendo los residuos captados por el sistema menos los reciclados entre la generación total de los RSU menos los reciclables. En el año 2017 alcanzó un nivel medio a través del envío de RSU a: rellenos sanitarios, plantas de composta y hornos de cemento. Dado que el modelo conceptual considera incrementar la cobertura al 90%, la eficiencia en los residuos que se someten a tratamiento o disposición final se incrementará al 88% un 8.3 % más que lo realizado en el 2017 con lo cual alcanzaría un nivel medio alto.

El indicador 2E se compone de 6 parámetros distintos, los cuales se muestran en la **Tabla 24** que están relacionados con el control de las emisiones contenientes en el transporte, tratamiento y disposición final.

Para estas actividades la CDMx cuenta con 13 estaciones de transferencia para el transporte hacia la disposición final en rellenos sanitarios, aunque una de ellas, la de la alcaldía Miguel Hidalgo se encuentra cerrada por las afectaciones a la salud de la población vecina que constantemente se quejaba del mal olor, la dispersión de RSU y el incremento del tráfico, originado por su mala ubicación al estar dentro de una zona habitacional. En cuanto a los sitios de disposición final que se utilizan todos cuentan con maquinaria, cubierta diaria y algún método de impermeabilización, sin embargo, el conjunto no cuenta con tratamiento de lixiviados y captación de biogás, por lo que se asignó una calificación de medio-alto para el año 2017. En el modelo conceptual se considera que la disposición final esté a cargo de los servicios privados mediante Asociaciones Público-Privadas que permitan realizar las inversiones necesaria para que se cumpla con la norma NOM-083-SEMARNTA-2003, con lo cual el indicador 2E alcanzaría un nivel alto.

Tabla 24. Indicador 2E Calidad en la protección ambiental

Núm.	Criterio	2017	MISRSU
2E.1	Grado de control en la recepción de RSU en las estaciones de transferencia.	15	15
2E.2	Grado de control sobre el tratamiento y disposición de RSU.	15	20
2E.3	Grado de monitoreo y verificación de los controles ambientales.	10	20
2E.4	Eficiencia en el uso de los RSU para generación de energía.	15	15
2E.5	Grado de competencia técnica en la planeación, gestión y operación del tratamiento y disposición final.	10	15
2E.6	Protección y salud de los trabajadores	15	20
Total, de puntos		65	105
2.E Calidad Protección ambiental en el tratamiento y disposición final de RSU ³		65 %	88%
Categoría		Medio-alto	Alto

Fuente: Elaboración Propia

Acciones de valorización

Al igual que la protección al medio ambiente el componente valorización a través del reciclaje y reúso, se evalúa con dos indicadores uno cuantitativo y otro cualitativo.

En la **Tabla 25** se encuentra la evaluación del indicador 3 cuantitativo que mide la proporción de los RSU que se reúsan o reciclan en relación al total generado, durante el 2017 se trataron y reciclaron el 32.8% de los residuos de la CDMx que corresponde al nivel medio, el bajo porcentaje se considera entre otras cosas porque no existe una organización formal para llevar a cabo estas tareas de reciclaje, ya que según estimaciones de la SEDEMA entre un 15 a 20% es recuperado por el sector informal, integrado por los voluntarios de recolección y los pepenadores de las plantas de separación, que viven de la venta de estos materiales. Mientras que el tratamiento de mayor importancia es el de la fracción orgánica la cual alcanzó un 10% cuando podría ser de hasta el 40% si se tratase toda. El modelo conceptual considera dar reconocimiento al sector informal y que este sea el encargado de recolectar los residuos inorgánicos reciclables, este tipo de acciones han logrado en otras ciudades que la tasa de reciclaje se incrementa hasta alcanzar de un 20 a un 30% del total de RSU (D. C. Wilson et al., 2012; David C. Wilson et al., 2009). En el modelo propuesto se considera que el sector informal recolectaría el 16.4% de los residuos que se generan, lo cual corresponde al 90% de todos los metales, papel, cartón y vidrio, así como el 29% de los

3 Promedio ponderado sobre 120 puntos totales.

plásticos que corresponde a las botellas de distintas bebidas (Muñoz-Cadena, Arenas-Huertero, & Ramón-Gallegos, 2009), ya que todos estos subproductos se pueden comercializar. Esto junto con la consideración de que la planta de composta se puede utilizar a su capacidad instalada, lograría un aumento del 10% en el reciclaje de materiales y que este indicador alcanzaría un valor de medio alto. Con relación a las plantas de separación en el modelo conceptual se considera que solo recibirán RSU inorgánicos que se acondicionarán para su tratamiento térmico en hornos de cemento.

Tabla 25. Indicador 3 Reducción, Reúso y Reciclaje

Descripción	2017		MIS-RSU 2020	
	Ton/día	%	Ton/día	%
Generación	12,998	100.0%	13,123	100.0%
Reciclaje Voluntarios	1,748	13.4%	2,153	16.4%
Reciclaje Informales	163	1.3%		
Reciclaje Total	1,911	14.7%	2,153	16.4%
Tratamiento Composta	1,400	10.8%	2,500	19.1%
Tratamiento Térmico	952	7.3%	961	7.3%
3 Reducción Reúso y Reciclaje	4,263	32.8%	7,768	42.8%
Categoría	Medio		Medio-alto	

Fuente: Elaboración propia

La evaluación del indicador 3R que se muestra en la **Tabla 26** mide la calidad de las acciones de reúso y reciclaje mediante 6 parámetros distintos, que evalúan la cantidad de residuos que se entregan separados para su valorización, la calidad del producto del tratamiento orgánico, la promoción de las autoridades y la participación de la ciudadanía en las acciones de minimización reúso y reciclaje. Durante el año 2017 este indicador alcanzo un valor medio, ya que, aunque la CDMx tiene un programa de separación, no se han implementado estrategias para incrementar el porcentaje de reciclaje y fomentar la prevención y minimización de los RSU, además de que no se incluye en los planes y programas de manejo de los residuos a los informales y voluntarios que reciclan la mayor cantidad de RSU. El modelo conceptual considera como una de sus principales estrategias la obligatoriedad de la separación de los RSU en cuatro fracciones como lo establece la NADF-024-AMBT-2013, mediante el reconocimiento del sector informal como un servicio independiente y único responsable de los residuos reciclables. Se considera que al dar reconocimiento al sector informal se tendría un mayor control y registro detallado de las actividades que realizan, además de que se les solicitaría al igual que a los demás servicios utilizar el equipo de protección personal mínimo (uniforme y guantes), por lo que este indicador se incrementaría a Medio alto.

Tabla 26. Indicador 3R Calidad de las 3 R´s

Num.	Criterio	2017	MISRSU
3R.1	Separación en la fuente de residuos secos	10	20
3R.2	Calidad del material orgánico reciclado (Composta).	20	20
3R.3	Focalizarse en los primeros niveles de la jerarquización de residuos	15	15
3R.4	Integración de la comunidad y/o recicladores informales con el servicio formal.	10	20
3R.5	Protección ambiental en el reciclaje.	5	10
3R.6	Protección y salud de los trabajadores	0	10
Total		60	95
3R Valorización de los RSU		50%	79%
Categoría		Medio	Medio-Alto

Fuente: Elaboración Propia

4.5.3 Indicadores de Gobernanza

Los indicadores relacionados con los aspectos de gobernanza son todos cualitativos, y se integra cada uno de ellos con siete parámetros distintos. El aspecto de gobernanza en el caso de la CDMx es el que presenta el mayor rezago ya que todos los indicadores están por debajo del nivel medio-alto.

4.5.3.1 *Inclusión de usuarios y prestadores de servicios*

Inclusión de usuarios

En la **Tabla 27** se muestra la evaluación del indicador cualitativo 4U, contempla la equidad en la prestación de los servicios de limpia en la CDMx, así como los mecanismos de participación y el grado de involucramiento de la población en el manejo de los RSU. Durante el período analizado no existieron cambios en la organización del manejo de los RSU que se presta de forma homogénea a toda la población ya que se emplean los mismos métodos y no hay cobro por el servicio, sin embargo, la implementación de los programas de separación, el porcentaje de residuos que se reúsan alcanzó en el 2017 el 23% (tratamiento térmico y reciclaje), mediante la concientización de la población acerca de los impactos ambientales que generan los residuos cuando no se pueden valorizar, ya que a partir del año 2014 se incluyó en algunas alcaldías de la CDMx una partida específica para difusión y talleres de educación ambiental. La participación de la población en la planeación prestación de los servicios de manejo de residuos sólidas es mínima ya que no existen comités o que se reúnan periódicamente o una dependencia

que atienda las propuestas de mejora de la población, todo se resume a tener un teléfono de atención de quejas en todas las dependencias relacionadas con el manejo de los RSU y que, una vez elaborado el Programa de Prevención y Gestión Integral de los Residuos, se haga una consulta pública. Por lo que en este rubro se asignó una calificación media debido a la participación de la ciudadanía en la separación en dos fracciones con una eficiencia del 46% en la recolección selectiva (Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2018).

Tabla 27. Indicador 4U Inclusión de los usuarios

Num.	Criterio	2017	MIRSU
4U.1	Equidad en la provisión del servicio.	15	15
4U.2	Derecho a ser escuchado.	10	10
4U.3	Nivel de participación usuarios.	5	10
4U.4	Mecanismos de retroalimentación con los usuarios	10	20
4U.5	Conciencia y educación del usuario.	15	20
4U.6	Efectividad en el logro de los cambios de comportamiento.	10	20
Total		65	95
Promedio		54%	79%
Categoría		Medio	Medio-alto

Fuente: Elaboración Propia

En el MIS-RSU propuesto en el modelo conceptual considera que la eficiencia de la población en la separación sea del 100%, a fin de que sea posible que el sector informal se haga cargo de los residuos reciclables, y el sector público de los no reciclables. Las autoridades implementarían programas de difusión para dar a conocer los beneficios ambientales y sociales si se cumple con la separación de RSU, haciendo énfasis en la necesidad de mejorar las condiciones laborales y de salud de los pepenadores y los voluntarios de recolección, además de crear un sitio web para establecer comunicación con la población, publicando información continua sobre el manejo de los RSU como rutas y frecuencias de recolección, y atender las sugerencias y quejas de la población similar al que actualmente se tiene para la calidad del aire. Con lo cual este indicador alcanzaría un nivel medio alto.

Inclusión de los prestadores de servicios

En la **Tabla 28** se encuentra la evaluación del indicador 4P que mide la inclusión de los prestadores de servicio en el manejo de RSU. Durante el periodo no existieron cambios

en la normatividad que no establece base legales para la participación y/o sanciones con privados, por lo que los procesos de contratación se limitan a contratos de una duración máxima de un año y por medio de invitaciones restringidas, además de que el sector privado y los informales no tiene una representación dentro de la elaboración de los planes y programas relacionados con el manejo de los RSU. Por lo que están supeditados a lo que la autoridad local determine, esto ha originado que no exista un balance adecuado entre los intereses públicos y privados, en el caso de las empresa privadas se les ha permitido participar solo en la disposición final dado que en el territorio de la CDMx no existen espacios adecuados para tener un relleno sanitario. Sin embargo, el tener periodos de contratación muy cortos, impide que los particulares realicen inversiones a largo plazo para mejorar en la calidad y protección ambiental de este servicio, además de que existe un riesgo constante de que la CDMx pueda quedarse sin sitios de disposición final, por lo que se obtuvo una sola calificación para el periodo analizado con un valor medio bajo.

Tabla 28. Indicador 4P Inclusión de los prestadores de servicios

Num.	Criterio	2017	MISRSU
4P.1	Marco Legal.	0	15
4P.2	Representación del sector privado.	5	20
4P.3	Rol del sector informal y la ciudadanía.	5	20
4P.4	Balance entre los intereses del sector privado y públicos prestación de los servicios.	10	20
4P.5	Procesos de Licitación	10	20
Total		30	115
Promedio		30%	96%
Categoría		Medio-bajo	Alto

Fuente: Elaboración Propia

El modelo conceptual considera como único responsable de los residuos reciclables al sector informal y de la disposición final y tratamiento a los particulares, a fin de evitar que se dupliquen tareas, y que exista un balance entre estos tres actores principales para planear en conjunto el manejo de los RSU en la CDMx, con lo que alcanzaría este indicador un nivel alto, el mayor crecimiento de todos los indicadores, ya que en la participación igualitaria de los distintos actores, se espera que el sistema de manejo de RSU mejore.

4.5.3.2 *Sustentabilidad Financiera*

El indicador 5F es un indicador cualitativo que evalúa la sustentabilidad financiera como la capacidad que tiene la ciudad para mejora la calidad de los servicios de limpia

mediante la adquisición y mejora de la infraestructura, sin comprometer los recursos públicos. Estudios realizados por el programa hábitat de la ONU muestran que, en los países con ingreso altos, se dispone una mayor cantidad de recursos para el manejo de los RSU, pero que estos recursos no provienen de los ingresos municipales, si no de las cuotas que pagan los usuarios o impuestos a los productores de empaques y embalajes (Bhada-Tata & Hoornweg, 2012; EEA, 2013; D. Wilson, Rodic, Scheinberg, Velis, & Alabaster, 2012). Por ejemplo, en Europa, los países miembros tiene establecido un impuesto promedio de \$30 euros por tonelada ingresada a un relleno sanitario, con el fin de promover las opciones de tratamiento y reciclaje, sin embargo, en la CDMx no hay ingresos por parte de los usuarios ya que el servicio es gratuito sin importar el nivel socioeconómico, lo que origina que el presupuesto sea muy limitado para cubrir solo la operación, y los recursos para inversiones en nueva infraestructura son escasos y no se prevé la participación de los particulares para subsanar estas deficiencias, por lo que se asignó una calificación media como se puede ver en la **Tabla 29**.

Tabla 29. Indicador 5F Sustentabilidad Financiera

Num.	Criterio	2017	MISRSU
5F.1	Contabilidad de costos	15	15
5F.2	Cobertura del presupuesto	10	10
5F.3	Recuperación de costos locales a través de los usuarios	0	10
5F.4	Asequibilidad del usuario	20	20
5F.5	Precio de la disposición final	15	20
5F.6	Acceso a capital de inversión	5	10
Total		65	85
Promedio		54%	70%
Categoría		Medio	Medio-alto

Fuente: Elaboración propia

El modelo conceptual considera tener una disminución en el gasto al disminuir la cantidad de residuos NO reciclables y su envío a los rellenos sanitarios, el ahorro que se tendría se utilizaría en el pago del tratamiento y disposición final de RSU en sitios a cargo de particulares que realizarían las inversiones necesarias para cumplir con la NOM-083-SEMARNAT-2003, incluido el tratamiento de biogás, lixiviados y clausura. Además, el sector informal el más vulnerable de todos tendría un ingreso de 2.48 pesos por kilogramo de material reciclado recolectado que permitirá sostener el servicio, si todos los usuarios separan los RSU como lo indica la NADF-024-AMBT-2013, con lo que este indicador alcanzaría un nivel medio alto.

4.5.3.3 *Fortaleza institucional y políticas proactivas*

Congruencia con el marco legal nacional en el manejo de RSU

El indicador 6N, mide la congruencia del marco legal en materia de residuos sólidos, con las políticas y estrategias implementadas por el gobierno federal para su cumplimiento en todo el territorio por parte de las autoridades locales y los productores de bienes y servicios.

La Ley General Para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos (LGPGIRS) publicada en el año 2004, delineó una regulación uniforme sobre el manejo de los RSU, se definieron los servicios necesarios para manejar los RSU en forma adecuada desde su generación hasta la disposición final o tratamiento, a fin de que durante todo este proceso no causen afectaciones a la salud y el medio ambiente, incluyéndose los principios de prevención, protección y responsabilidad compartida. Para poder realizar el manejo de los RSU en forma adecuada la LGPGIRS establece que cada Gobierno Municipal debe de implementar un Programa Municipal para la Prevención y Gestión Integral de los Sólidos Urbanos (PMPGIRSU), que incluya un diagnóstico básico en el que precise la capacidad y efectividad de la infraestructura disponible, la política en materia de RSU, la definición de objetivos y metas, medios de financiamiento y los mecanismos para fomentar la vinculación entre programas municipales correspondientes, a fin de crear sinergias. De los 2,440 Municipios que existen en el país solo 33 cuentan con PMPGIRSU donde se establecen las políticas en cuanto al manejo de los RSU, principalmente de aquellos en que su principal actividad económica es el turismo, por lo que la protección y preservación del ambiente está dentro de sus prioridades, lo cual hace evidente que a nivel municipal no existen políticas públicas bien delineadas para el adecuado manejo de los RSU. Para el periodo 2012-2016 no se formuló un nuevo Programa para la Prevención y Gestión Integral de Residuos a nivel federal, el único objetivo establecido por el gobierno federal fue el de fomentar proyectos para la adecuada disposición de los RSU que tendrán una cobertura intermunicipal o regional para aprovechar las economías de escala. Por parte del gobierno federal las acciones de monitoreo y control son escasas, debido a que los RSU son competencia de los gobiernos estatales, cada entidad tiene mecanismos distintos para la implementación de la política en materia de residuos y regulación de las opciones de tratamiento y disposición final con que se cuente, se estima que la mayoría de los sitios de disposición final no cumplen con las normas oficiales, en lo que respecta a los productores de bienes y servicios, no existe compromiso entre los productores de empaques y dispositivos electrónicos, para compartir el costo del manejo de los RSU producidos u ofrecer el reciclaje de sus productos. Solo las empresas embotelladoras han formado una asociación civil para la recuperación y reciclaje de PET en escuelas.

Como se observa en la **Tabla 30**, la supervisión y monitoreo del gobierno federal en el manejo de los RSU es mínima, por lo que este indicador es el que tiene la menor calificación que corresponde a un nivel medio-bajo, y en el modelo conceptual propuesto se mantiene la misma calificación ya que la gestión de los residuos a nivel federal está fuera de los límites del sistema de manejo de RSU de la CDMx.

Tabla 30. Indicador 6N Congruencia con el marco legal nacional

Num.	Criterio	2017	MIRSU
6N.1	Legislación y regulaciones.	15	15
6N.2	Estrategia y política.	0	0
6N.3	Guías de implementación de los procedimientos.	10	10
6N.4	Institución Nacional que implemente la política de RSU.	5	5
6N.5	Regulación y Control	5	5
6N.6	Responsabilidad extendida del productor (EPR) o administración del producto (PS)	5	5
Total		40	40
Promedio		33%	33%
Categoría		Bajo	Bajo

Fuente: Elaboración Propia

Instrumentos locales coherentes

El indicador 6L, es una medida de la fortaleza institucional y la coherencia que existe entre las distintas funciones relacionadas con el manejo de los RSU, mediante la revisión de la estructura organizacional, capacidad y habilidad de la cooperación interinstitucional.

El manejo de los RSU en la CDMX está a cargo de la DGSU en la parte operativa que depende de la SOBSE para la adquisición de equipos e infraestructura, y de la SEDEMA para la normatividad y política en materia de RSU. La DGSU tiene capacidad suficiente para diseñar, planear y ejecutar las políticas, programas y acciones relacionadas con el manejo de los RSU, se tiene un único organigrama en donde se incluyen todas las dependencias relacionadas con la operación del manejo de los RSU indicando sus responsabilidades, sin embargo, no existe un plan de carrera con un apropiado entrenamiento ya que la mayor parte de los puestos directivos se renueva con la administración local cada tres años.

En cuanto a los planes y programas relacionados con el manejo de los RSU este se actualiza cada 6 años, en donde se hace un diagnóstico de la situación actual y se establecen estrategias y acciones para la mejora en la gestión de los RSU, sin embargo, no se indican los montos que se destinarán a estas acciones o las fuentes de financiamiento. Para dar seguimiento a los programas relacionados con el manejo de los RSU, desde del año 2012 se publica anualmente un inventario de los residuos en donde se indica detalladamente la cantidad de RSU que son manejados por los servicios de

limpia públicos, así como los informes de los grandes generadores (comercio y servicios), sin embargo, se desconocen datos sobre la cantidad de RSU y opciones de manejo que se utilizan, el estudio de composición más reciente es de hace 9 años. Otras deficiencias en el seguimiento a los planes y programas, es que no existe un área dedicada a la supervisión y monitoreo de los servicios de manejo de RSU, únicamente se atienden las denuncias o quejas ciudadana ya sean de recolección o de disposición clandestina de RSU en lotes baldíos, barrancas o ríos. La coordinación del Manejo de RSU con las entidades vecinas a la CDMx pertenece a la Comisión Ambiental de la Megalópolis integrada por los estados de Hidalgo, México, Morelos, Tlaxcala y Puebla, que es un organismo para la coordinación política en temas ambientales de los estados que forman parte de la Zona Metropolitana del Valle de México, sin embargo, esta comisión se ha enfocado al control de la contaminación atmosférica y no ha atendido la gestión de los RSU en la megalópolis. Derivado de lo anterior como se observa en la **Tabla 31** para esta categoría se asignó una calificación media ya que la CDMx cuenta con una estructura organizacional clara y estructurada, sin embargo, no existen mecanismos de supervisión y monitoreo que puedan verificar lo que se expresa en los planes y manuales de organización, aunque se puede inferir por los resultados de los otros indicadores que no todas las metas de los planes se cumplen.

Tabla 31. Indicador 6L Instrumentos locales coherentes

Num.	Criterio	2017	MIRSU
6L.1	Estructura organizacional coherente.	20	20
6L.2	Capacidad institucional.	10	15
6L.3	Planeación estratégica y gestión de los RSU en la CDMx.	15	20
6L.4	Disponibilidad y calidad de los datos relacionados con la gestión de los RSU.	15	20
6L.5	Administración, control y supervisión de los servicios prestados.	5	20
6L.6	Cooperación regional.	5	5
Total		70	100
Promedio		58%	83%
Categoría		Medio-alto	Alto

Fuente: Elaboración Propia

El MIS-RSU propuesto, considera que todos los prestadores servicios trabajarían coordinadamente por lo que la planeación anual del servicio público se realizaría estableciendo metas en conjunto para los informales y privados, registrando con el mismo detalle que el servicio público, lo recolectado por los informales y lo tratado por los particulares. Con la participación de estos dos sectores, se espera también disminuiría la rotación del personal directivo. Finalmente, para la coordinación de estos tres prestadores de servicios, es necesario que se establezca un área dentro de la dirección de servicios urbanos que monitoree el cumplimiento del tratamiento y

disposición final realizado por los particulares, y la labor realizada por los informales, con lo que el indicador 4P alcanzaría un nivel alto.

4.5.4 Discusión

Utilizando la herramienta de los indicadores de referencia en el MIRSM, se determinó que actualmente el manejo de los RSU en la CDMx, tiene rezagos tanto en los aspectos físicos como en los de gobernanza como se muestra en la **Tabla 32**. La evaluación de los indicadores 1.1 de cobertura de recolección, 1,2 de residuos captados por el sistema, 3 y 3R de la valorización de RSU no están al nivel de ingresos del país que es medio-alto. En el caso de los primeros dos (1.1 y 1.2) se considera que la diferencia existente se debe a la falta de información acerca de la cantidad de residuos que recolectan los servicios de recolección privado e informales. Mientras que los indicadores 3 y 3R relacionados con la reducción, reúso y reciclaje, aunque tienen un nivel medio, existe una mejoría notable después del cierre del Bordo Poniente en el 2011, y con la puesta en operación de una planta de composta y una planta de compactación para el uso de los RSU como combustible alternativo con lo que se ha logrado que el 32% de los RSU se recupere, el doble de lo que se tenía en el 2011.

Por otra parte los aspectos de gobernanza son los de mayor rezago. Los indicadores de inclusión de los proveedores de servicio 4U y 4P se encuentran por debajo del nivel medio alto, ya que actualmente la planeación y organización del manejo de los RSU en la CDMx, se centra en el servicio público y no considera a los servicios privados e informales, con un balance adecuado. El indicador 5F relacionado con la sustentabilidad financiera, se encuentra en un nivel medio, ya que actualmente los recursos que se tienen se destinan en su mayoría a la operación, siendo mínimos los recursos que se destinan a reposición y construcción de nueva infraestructura. Adicionalmente el indicador 6L relacionado con la normatividad y política locales no prevé la participación de los servicios particulares e informales en el manejo de los RSU, inclusive no se tiene registro de la cantidad de RSU que manejan lo que afecta la evaluación de los indicadores 1.1, 1.2 y 3. Finalmente el indicador 6N relacionado con el marco legal nacional, tiene un nivel medio bajo ya que a nivel federal no se han desarrollado mecanismos para verificar que se cumplan las normas oficiales mexicanas y la LGPGIRS, para que los sistemas de manejo de los RSU en los estados tengan una calidad homogénea, llegando al extremo que este gobierno federal no elaboro el plan nacional correspondiente a residuos sólidos.

El modelo conceptual propuesto tiene como objeto que todos los indicadores del sistema de manejo de RSU de la CDMx alcancen un nivel medio alto acorde a la situación económica del país. Esto a partir de tres propuestas de mejora que son: el cumplimiento de la norma NADF-024-AMBT-2013 de separación; el reconocimiento del sector informal como responsable de la recolección de residuos reciclables y el sector privado responsable del tratamiento y disposición final, y la certidumbre en la contratación de los servicios de disposición final y tratamiento a través de concesiones. Estas propuestas mejorarían el desempeño en los indicadores de gobernanza y en consecuencia el de los indicadores físicos.

Tabla 32. Comparación de Indicadores de Referencia para la Manejo Integral de RSU en 2017 y MIS-RSU propuesto.

Fechas en las que se aplicó el indicador				2017	MIS-RSU	Progreso
No	Categoría	Indicador				
B1	Ingresos nacionales	Clasificación Banco Mundial		Medio-alto		×
		Ingreso percpcita	USD\$/Persona	8,930	9,570	✓
B2	Población	CDMx	Hab	8,811,266	9,018,645	✓
B3	Generación de Residuos	Generación Nacional de RSU	Ton/año	N/D		-
W1	Generación per cápita de RSU	RSU per cápita	Kg por año	538	531	×
			kg por día	1.475	1.455	×
W2.1	Composición de RSU	Orgánicos	%	49.95%	49.95%	-
W2.2		Inorgánicos NO Reciclables	%	31.82%	31.82%	-
W2.3		Inorgánicos Reciclables	%	18.23%	18.23%	-
1.1	Salud Pública y Recolección de RSU	Cobertura de Recolección		82.1%	90.0%	✓
1.2		RSU capturados por el sistema		82.7%	90.0%	✓
1C		Calidad del servicio de recolección de RSU		67%	71%	✓
2	Protección Ambiental en el Tratamiento y disposición de RSU	Tratamiento y disposición final controlada		79.7%	88.0%	✓
2E		Calidad de la protección ambiental en la disposición final y tratamiento		65%	88%	✓
3	Valorización de RSU 3 R's (Reducción, Reúso, Reciclaje)	Tasa de reciclaje		32.8%	42.8%	✓
3R		Calidad de las 3 R's		50%	79%	✓
4U	Inclusión	Inclusión de usuarios		54%	79%	✓
4P		Inclusión de proveedores		30%	96%	✓
5F	Sustentabilidad Financiera	Sustentabilidad Financiera		54%	70%	-
6N	Fortaleza Institucional, Políticas Públicas.	Congruencia con el marco legal nacional en el manejo de RSU		33%	33%	-
6L		Instrumentos locales coherentes		58%	83%	✓

Debido a la implementación del modelo conceptual y sus propuestas de mejora, los indicadores de inclusión 4U y 4P alcanzarían un nivel medio alto y alto respectivamente. En relación al indicador 4U inclusión de la población se considera un mayor involucramiento para cumplir con la separación de los RSU, y en el indicador 4P se considera que los prestadores de servicio público, privado e informal serán responsables de cada uno de los sistemas relevantes que integran el manejo de los RSU a fin de evitar tareas que se contraponen o se duplican con lo que este indicador será el que tenga la mejora mayor al pasar de un valor del 30% al 95.6%. El indicador 5F pasaría del un nivel medio a uno medio alto, al considerar que mediante la concesión a particulares se tendría

una mayor disponibilidad de recursos para la infraestructura en disposición final y tratamiento. En cuanto al indicador 6L se considera una mejora del 25% para alcanzar un nivel medio alto, ya que, para la coordinación de los tres prestadores de servicio, se necesitaría contar con un área específica para la supervisión de los prestadores de servicio público y privado y el registro de las actividades que realizan. Finalmente, el indicador 6N relacionado con el marco legal nacional, no se proponen mejoras ya que esta fuera de los límites del sistema de manejo de RSU de la CDMx.

Con la reorganización del manejo de RSU y el reconocimiento del sector informal, se considera que el sistema de manejo de RSU captaría el 90% de la generación, con lo cual los indicadores 1.1, 1.1 y 2 pasarían del nivel medio al nivel medio alto. Además, el indicador 3 relacionado con la reducción, reúso y reciclaje, se incrementaría en un 10% por el incremento en la captación de RSU y por una mayor cantidad de residuos orgánicos tratados en la planta de composta y residuos reciclables, originado por el cumplimiento de la separación en cuatro fracciones por parte de la población.

En cuanto a los indicadores cualitativos de los aspectos físicos 1C, 2E y 3R, estos también mejorarían para alcanzar al menos un nivel medio alto. El indicador 1C y 3R tendría un nivel medio alto debido al reconocimiento del sector informal, mejorando las condiciones de estos trabajadores al no tener que separar los residuos reciclables de los no reciclables y dotándolos de uniformes y EPP como se hace con el servicio público. Mientras que en el caso del indicador 2E este alcanzaría un nivel alto, ya que mediante la concesión de la disposición final a particulares estos estarían en condiciones de realizar las inversiones necesarias para tratar los lixiviados y el biogás que se genera en los Rellenos Sanitarios.

4.6 Cambios factibles

Para lograr implementar el modelo conceptual propuesto es necesario la implementación de la norma y cumplimiento de la NADF-024-AMBT-2013 lo cual dependerá en gran medida de la participación de la población. Para que la población ponga empeño en la separación de los RSU, hay que generar las condiciones adecuadas para la separación de los desechos en las áreas habitacionales, a fin de que sean separados desde la fuente. Las autoridades locales y los productores de envases reciclables principalmente de bebidas, deben de facilitar la recolección selectiva de los RSU urbanos antes de pensar en otras operaciones de tratamiento (Stoeva & Alriksson, 2017). Otro aspecto a considerar en la separación de RSU son las Clase Socioeconómicas, en estudios realizados en Bogotá, Colombia, se ha visto que en las Clases Socioeconómicas (CS) mayores, existe una mayor disposición a la separación de RSU en la fuente, y es propiciada en gran medida por las actitudes del jefe del hogar hacia la separación de RSU en la fuente. Por lo que parte de la política ambiental local se debería de enfocar en los hogares de las CS más bajas, a fin de facilitar el acceso a las nuevas tecnologías de la información, como Internet, para implementar campañas de cuidado del medio ambiente desde los primeros años de la escuela mediante medios digitales (J. Padilla & Trujillo, 2018). Las políticas relacionadas con la gestión integral de los RSU, no solo debe de enfocarse en el cuidado del medio ambiente y las 3R's (Reduce, Reutiliza y Reciclaje),

además es importante redirigirlas hacia el reconocimiento de la contribución del sector informal en el manejo de los RSU (Aparcana, 2017). Se podría contar con un sitio web para establecer comunicación con la población, publicando información continua sobre el manejo de los RSU como rutas y frecuencias de recolección, y se atiendan las sugerencias y quejas de la población similar a la que actualmente se tiene para la calidad del aire.

Uno de los principales problemas en el manejo de los RSU en la CDMx, es la eficiencia en la recolección ya que los vehículos de recolección son operados con más trabajadores de los requeridos, en el 2018 en cada ruta se tenían dos trabajadores de base y dos informales, recolectando en promedio 4.46 ton por ruta (se considera que una ruta es cubierta por una coadrilla en una jornada), lo que representa solo el 59% de la capacidad de un vehículo de recolección con compactación de 15 m³ en buenas condiciones, considerando que los RSU en los vehículos recolectores pueden alcanzar una densidad de hasta 500 Kg/m³(Manus Coffey & Coad, 2010) y además que los materiales reciclables de baja densidad como el papela cartón y envases de bebidas no serán recolectados por el servicio público. Aunado a ello que la frecuencia de recolección es de seis días a la semana, dos días para la recolección de orgánicos y cuatro para la recolección de inorgánicos, los cuales se tendrían que entregar separados en reciclables y no reciclables.

En el MIS-RSU se considera que la recolección a cargo del servicio público será responsable de los orgánicos e inorgánicos no reciclables, la frecuencia se podrá disminuir a solo 4 veces por semana, dos días para cada tipo de residuos. Con lo cual en lugar de ser necesario cubrir 1,769 rutas cada jornada laborable serían solo 1,179. Estas 1,179 se cubrirían cada una con un vehículo de recolección de carga trasera de 15 m³ que en buenas condiciones puede transportar hasta 7.5 Ton. de RSU, en cuadrillas integradas por un operador y dos ayudantes de base como se observa en la **Tabla 33**. Esta estimación se realizó con base en estudios de tiempos y movimientos en países en vías de desarrollo, donde se determinó que la eficiencia en la recolección disminuye cuando se tiene más de 3 trabajadores en un mismo vehículo. En un estudio realizado en Gabón el sector público recolectó 5.76 Toneladas/día con 6 ayudantes, mientras que el sector privado con dos ayudantes recolectó 10.02 toneladas/día (Bolaane & Isaac, 2015). En México con dos ayudantes se han alcanzado valores de 13.33 Toneladas/día/vehículo en Tijuana, 11.57 en Ciudad Juárez, y en 9.78 Reynosa, ciudades en donde el servicio de recolección está a cargo de los privados, que no permiten la pepena y mantienen en buenas condiciones los vehículos de recolección (Couto & Hernández, 2012).

Tabla 33. Recolección de RSU NO reciclables en el Modelo Conceptual.

Modelo	Base Actual	Base Nuevos	Base	Voluntarios	Rutas	Frecuencia	Rutas Jornada	Personal Base	Voluntarios	Recolección Ton/Jornada	Ton/Ruta
2017	3,277	0	3,277	3,834	1769	6	1,769	1.9	2.2	7,894	4.46
MIRS	3,277	261	3,538	0	1769	4	1,179	3.0	0.0	8,771	7.44

Fuente: (Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2019).

Para poder implementar el modelo conceptual propuesto se requiere de 1,179 vehículos de recolección más un 10% de reserva (1,297 en total) y 3,538 trabajadores, como se muestra en la **Tabla 34**. Para lo cual se necesitaría la incorporación de 261 voluntarios al personal de base, en cuanto a los 1,297 vehículos de recolección se seleccionarían de entre los vehículos con modelos posteriores a 2003 en buenas condiciones se repararían 566 que se encuentran en malas condiciones.

Tabla 34. Vehículos de Recolección Necesarios para la Recolección NO Reciclables

Modelo	Buenas Condiciones	Regulares Condiciones	Total
2003-2013	255	523 ⁴	778
2014-2017	476	43	519
Total	731	566	1,297 ⁵

Fuente: Elaboración propia.

Con lo cual se podría incrementar la cantidad de residuos no reciclables que se recolectan en un 5.2%, sin necesidad de voluntarios, con menos vehículos en mejores condiciones que recolectan RSU que son más densos, incrementado la eficiencia del proceso, como el modelo conceptual lo propone.

⁴ Se considera reparar 523 de los 568 que actualmente se tiene.

⁵ Se dejarían de utilizar 1,255 de los 2,552 que actualmente se tiene.

El sector informal y el reciclaje de microempresas están totalmente orientados al mercado, y su único ingreso proviene de la venta de los residuos que recolectan y acondicionan para su venta; por lo tanto, esto puede significar un ahorro para las autoridades locales de un 20% o más, ya que de otro modo tendrían que gastar en la gestión de residuos, lo que representa muchos millones de dólares por año en las grandes ciudades (D. C. Wilson et al., 2012).

Para el MIS-RSU propuesto en el modelo conceptual se espera que el porcentaje de RSU reciclados y enviados a la planta de composta aumente, con lo que se disminuiría en 287.5 Ton/día de RSU los que se enviarían a disposición final (ver Tabla 21), y considerando que el costo de la disposición final en la CDMx fue de \$185.44 Ton/día (Secretaría de Finanzas, 2019) significaría que se tendrían ingresos extras por 19.45 MDP. Además de los recursos públicos que podrían disponerse para este proceso de transición se estima que en la CDMx una toneladas de residuos reciclables tiene un costo promedio de 2,483 pesos considerando tanto la composición de los RSU (Durán et al., 2013; Muñoz-Cadena et al., 2009) como el precio de los distintos materiales en el 2020 (Supraciclaje, 2020), por lo que como se muestra en la **Tabla 35**, se obtendrían ingresos hasta por 2,147.72 MDP.

Tabla 35. Ingresos por venta de materiales Reciclables

Material	Porcentaje	Ton/día	\$/Ton	Ingresos Esperados	
				\$/día	MDP/año
Cartón	4.0%	523.82	1,800.00	942,874.92	344.15
Papel	5.9%	765.58	2,000.00	1,531,164.40	558.88
Metales ferrosos	1.2%	150.78	3,450.00	520,179.96	189.87
Metales No ferrosos	0.3%	37.69	3,555.00	134,002.88	48.91
Vidrio	2.7%	344.45	850.00	292,779.95	106.86
Plásticos Reciales (Botellas de bebidas)	4.2%	547.37	4,500.00	2,463,172.99	899.06
Total	18.2 %	2,369.69	2,483.10	5,884,175.10	2,147.72

Fuente: (Supraciclaje, 2020)

Los recursos obtenidos de los RSU reciclados y la reducción en el costo de disposición final serían los necesarios para implementar la recolección informal en las 1,769 rutas con que cuenta la CDMx cada una de ellas sería atendida 2 veces por semana, por una cuadrilla integrada por 6 trabajadores voluntarios en vehículos con capacidad de carga de menos de 5 toneladas que no requiere de equipo de compactación como se muestra en la **Tabla 36**. Además, se requieren de 590 vehículos de recolección, los cuales se podrían obtener en un principio de los 1,225 que dejaría de operar la recolección pública a los cuales se les podría retirar el equipo de compactación para disminuir los costos de operación y mantenimiento, y posteriormente establecer un programa de sustitución.

Se estima que cada una de las cuadrillas de recolección informal podría generar un ingreso de hasta 10,578 pesos por jornada como se muestra en la **Tabla 36**, con lo cual se cubriría el costo de operación y remplazo de los vehículos, uniformes y EPP.

Tabla 36. Vehículos de Recolección Necesarios para la Recolección Reciclables

Voluntarios	Rutas	Frec	Rutas Jornada	Voluntarios	Recolección Ton/Jornada	Ton/Ruta	\$/Ton	\$/Ruta
3,573	1769	2	590	6.1	2,512	4.26	2,483.10	10,578.52

Fuente Elaboración Propia.

Existen experiencias en el mundo que han demostrado que la incorporación del sector informal en la gestión integral de los RSU, puede proporcionar empleo, proteger los medios de vida de algunos de los sectores más marginados de la sociedad ya que se estima que es un medio de vida para alrededor del 0.5% de la población urbana (D. C. Wilson et al., 2012), además estas actividades son un suministro de materias primas secundarias y que coadyuvan a mejorar la protección del medio ambiente. Sin embargo, el cómo iniciar el proceso de integración es un desafío, dado que en la mayoría de los casos, los trabajadores informales no tienen estructura, respaldo financiero o instalaciones adecuadas (Ezeah, Fazakerley, & Roberts, 2013), por lo que es necesario el apoyo de las autoridades, crucial en el proceso de formalización.

Por lo que además de las consideraciones técnicas y económicas, para la inclusión del sector informal en la Gestión Integral de los RSU, es necesario considerar las organizativas. Las autoridades locales sus instituciones encargadas de los RSU, requieren organizar a los trabajadores informales de RSU para formar asociaciones, organizaciones comunitarias o empresas pequeñas y medianas. Esto implica procesos intensivos de toma de decisiones participativas, con intervención de las partes interesadas, asociaciones, sinergias y comunicación entre las partes interesadas (por ejemplo, gobiernos locales, ONG, servicio público y privado) (Aparcana, 2017).

En algunos países en vías de desarrollo como Perú, Brasil, Colombia, Kenia e India, en donde los trabajadores informales de RSU se organizan como asociaciones basadas en la comunidad (CBO) o Micro y Pequeñas Empresas (MYPES), las políticas y los instrumentos legales apoyan la formalización específicamente bajo estas modalidades, permitiendo así que los recicladores brinden servicios de manejo de RSU (por ejemplo, recolección y reciclaje). En estos casos, la formalización se inició a través de acciones de abajo hacia arriba iniciadas por las partes interesadas locales (recicladores, ONG, municipios), que se ampliaron en los países mencionados y se incorporaron a sus políticas. Sin embargo, la existencia de tales políticas no garantiza la formalización. Además, es importante implementar instrumentos legales para hacer cumplir estas políticas y facilitar el proceso de formalización (Abarca Guerrero, Maas, & Hogland, 2013; Costas A Velis et al., 2012; Gunsilius, Chaturvedi, & Scheinberg, 2011).

Finalmente dado que las plantas de separación solo recibirán RSU no reciclables, se considera que toda la planta de separación de San Juan de Aragón se modifique para que los RSU NO reciclables que se reciban se acondicionen para su tratamiento térmico

en hornos de cemento, y en el caso de la planta de Santa Catarina esta se entregue a los pepenadores que allí laboran para que estos la operen bajo la supervisión del Estado de México, ya que por su ubicación los RSU que se reciben pertenecen a esta entidad.

Para la mejora de las condiciones contractuales de los prestadores de servicios privados el marco legal actual en la CDMx permite la concesión de servicios públicos mediante Asociaciones Publica Privadas como lo es la disposición final y el tratamiento de RSU, sin embargo, las políticas públicas locales, se han enfocado a que el manejo de los RSU sea en su mayoría servicios públicos.

En los países en vías de desarrollo cuando se contratan entidades privadas, las Asociación Público-Privada (APP) se utilizan con mayor frecuencia. La mayoría de los contratos duran menos de 10 años, lo que brinda flexibilidad a la entidad pública, excepto en la disposición final y tratamiento de RSU, que generalmente implica la operación de un activo fijo como un Relleno Sanitario, en estos casos aproximadamente el 35 por ciento de los contratos duran 10 años o más (Kaza et al., 2018).

La tendencia hacia las APP en el manejo de los RSU en países en vías de desarrollo se fundamenta en que el sector privado comúnmente opera con tecnología más innovadora, mayor eficiencia de costos, personal más calificado y recursos de capital más amplios en comparación con el público. Por lo tanto, al involucrar al sector privado en la gestión de RSU, el sector público puede mejorar su prestación de servicios y eficiencia de gestión, y puede aliviar su carga financiera (Ma & Hipel, 2016). Las ventajas para el sector público de adoptar APP incluyen las siguientes: (1) los RSU generalmente consumen la mayoría de los presupuestos municipales, mientras que la APP puede ofrecer ahorros considerables en estos gastos; (2) APP puede ayudar a abordar los problemas de déficit presupuestarios crónicos, la dificultad para expandir la fuerza laboral y las limitaciones para satisfacer la demanda pública; y (3) el sector público puede beneficiarse de las APP en términos de prevención de la corrupción y la influencia política, que obstaculizan la prestación eficiente de servicios (Ahmed & Ali, 2004)

En México existen 48 ciudades con más de 100 000 habitantes que han optado por privatizar algún proceso en el manejo de los residuos sólidos urbanos y que las empresas privadas operan fundamentalmente en áreas como la recolección industrial y comercial, seguido por el servicio del proceso integral municipal (recolección y disposición final) (Couto & Hernández, 2012). Algunas de estas ciudades han utilizado el Programa de Residuos Sólidos Municipales (PRORESOL), que se creó en 2002 y actualmente es financiado a través del Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN), el cual consiste en el otorgamiento de Apoyos Financieros No Recuperables (Apoyo) a los gobiernos municipales y estatales, a fin de incentivar la participación privada en proyectos de inversión de infraestructura de servicios públicos urbanos, enfocados a residuos sólidos como son el servicio de barrido, recolección, separación, aprovechamiento y reciclaje, así como disposición final en rellenos sanitarios, uno de su principales beneficios es que la iniciativa privada y el FONADIN aportan el 100% de la inversión en infraestructura, con lo cual los Rellenos que se operan bajo este esquema cumplen con la norma NOM-083-

SEMARNAT-2003, obteniendo beneficios al medio ambiente y mejorando la calidad de vida de la población (Fondo Nacional de Infraestructura, 2020).

Para la CDMx se considera establecer APP a través del PRORESOL u otros programas de financiamiento, para que la planta de composta de Bordo Poniente opere a su capacidad máxima de 2,000 Ton/día, los Rellenos Sanitarios que utiliza la CDMx cumplan con la NOM-083-SEMARNAT-2003 al tener un contrato por más de 10 años, y se incremente la capacidad de la planta de compactación de San Juan de Aragón para la formulación de combustible alterno.

Es importante mencionar que la participación de la Iniciativa Privada en el manejo de los RSU no es una garantía para mejorar los indicadores del servicio de limpia en sus etapas de recolección y disposición final, y cuando se decide concesionar algún componente del manejo de residuos la supervisión de las acciones de la concesionaria junto con una coordinación estrecha Municipio-IP son primordiales para una prestación eficaz (Couto & Hernández, 2012).

A este respecto parecen existir avances en las políticas implementadas por la CDMx, dado que en febrero de 2020 se publicó la convocatoria CPTAR's CDMx-2019 para la instalación y operación de plantas de tratamiento y aprovechamiento de los residuos sólidos de la CDMx, con objeto de seleccionar las mejores tecnologías disponibles para la instalación y operación de Plantas de Tratamiento y Aprovechamiento de Residuos, con el fin de asegurar un manejo adecuado de los residuos sólidos generados en la CDMx, con el objetivo específico de garantizar el tratamiento de por lo menos 1,000 (mil) toneladas diarias de residuos sólidos urbanos enviados a rellenos sanitarios desde las estaciones de transferencia de la CDMx (Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2020).

Sin embargo, no se especifica el periodo de contratación, sino que traslada esta responsabilidad a los particulares y les solicita que se detalle en la propuesta económica/financiera o plan de negocios, donde se describa la fuente de financiamiento, costos para la CDMx por el manejo de los residuos, requerimientos (concesión, permisos, etc.), condiciones contractuales, término de la relación (dependiendo del modelo) y vida útil, entre otros que el interesado considere relevante, o evidencia alguna de que exista un modelo organizacional para la coordinación de estos servicios con el sector público e informal que actualmente realizan el manejo de los RSU en México.

4.7 Propuesta de Mejora

La mayoría de los enfoques sistémicos aplicados al Manejo de RSU no han logrado tener una perspectiva amplia del problema, sin embargo, han hecho evidente la necesidad de metodologías integrales que aborden la interconexión de las esferas socioculturales, ambientales, económicas y técnicas (Marshall & Farahbakhsh, 2013).

El "Manejo Integral Sostenible de RSU " (MIS-RSU) planteado en el modelo conceptual es una forma sistemática de pensar y considerar el manejo de residuos. Este enfoque

proporciona información sobre aspectos que no se consideran comúnmente tan esenciales, como los aspectos ambientales, sociales y legales; las partes interesadas: recicladores, pequeñas empresas, jefes de hogar; y elementos prácticos o técnicos del sistema de gestión de residuos, incluida la prevención, la reutilización y el reciclaje (Van De Klundert & Anschutz, 2001).

El modelo conceptual propuesto para el MIS-RSU en la CDMx incorpora a todos los sistemas relevantes, sus subsistemas, y sus distintas características, considerando también que los sistemas están profundamente conectados en sus elementos físicos, formando una gran combinación de actividades, en donde el servicio público se enfoca en la protección a la salud, los privados en la protección al medio ambiente y los informales la recuperación de RSU,

En este apartado se utiliza el Modelo de Sistema Viable desarrollado por Beer como herramienta para que el MIS-RSU para la CDMx propuestos en el modelo conceptual sea un sistema viable, considerando los aspectos físicos y de gobernanza, realizando una propuesta detallada de las funciones necesarias para el cumplimiento de las acciones de mejora propuestas.

4.7.1 Sistema en foco

El sistema en foco o recursión cero es el MIRSU propuesto en el Modelo Conceptual para la CDMx, que incluye todos los componentes físicos y de gobernanza para la protección de la salud, medio ambiente y valorización de RSU en la CDMx, la relación entre ellos y el grupo al que pertenece (ver sección 4.4) para alcanzar un desempeño medio alto en todos sus elementos (Ver sección 4.6). El MIRSU en la CDMx a su vez anida a 3 subsistemas que son: El sistema de protección a la salud, el sistema de protección al medio ambiente y el de valorización de RSU.

4.7.2 Sistema 1

El sistema uno de MIRSU está representado por aquellos subsistemas relacionados con el área operativa del sistema, es decir, la producción de bienes y servicios que la organización entrega al entorno. En el caso del MIRSU en la CDMx estos subsistemas corresponden a los aspectos físicos que son: 1: Subsistema de Protección a la Salud, 2: Subsistema de Protección al Medio Ambiente y 3: Subsistema de Valorización (3R's). Cada uno de ellos autónomo y capaz de tomar sus propias decisiones, pero deben estar relacionados a través de canales de comunicación vertical para recibir instrucciones e informes de rendimiento, preferiblemente de manera estandarizada, para lograr un MIS-RSU.

Cada uno de Subsistemas del sistema 1 tiene diferentes unidades operativas necesarias para proporcionar servicios a los habitantes o transformar los RSU.

1: Sistema de Protección a la Salud

El sistema de protección a la salud consiste en la recolección de los RSU orgánicos y no reciclables de las casas y espacios públicos, y su transporte por parte de los servicios públicos a tratamiento o disposición final. Para poder llevar a cabo esta actividad se cuenta con las unidades de: barrido mecánico para el barrido de avenidas principales y manual para las distintas calles, la recolección de no reciclables es responsabilidad de las alcaldías y transferencia como se muestra en la **Figura 27**. La recolección en las alcaldías se realiza con una frecuencia de 4 veces por semana por medio de 1,179 cuadrillas integradas por 3 trabajadores, y el transporte a los sitios de tiramiento y disposición desde las estaciones de transferencia, todos estos son parte de los servicios públicos de limpia.

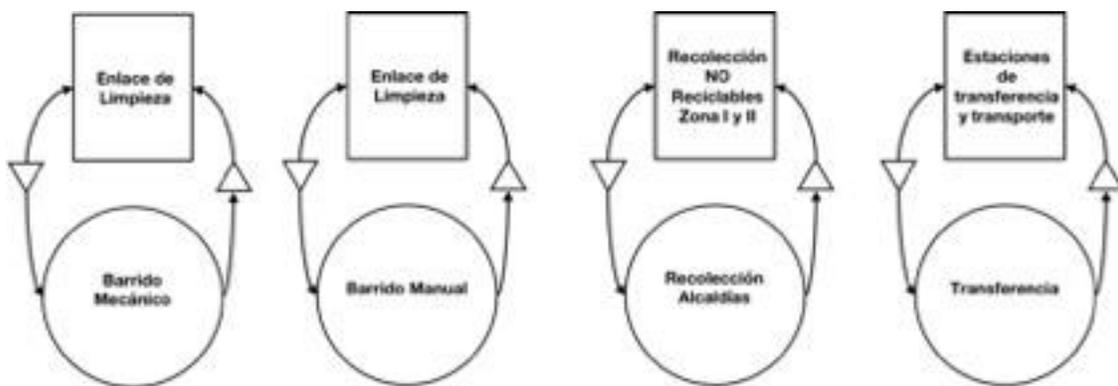


Figura 27. Unidades Operativas del Sistema a la Salud.
Fuente: Elaboración propia

El objeto principal de este sistema es el de evitar generación de vectores que pueden transmitir enfermedades contagiosas por la acumulación y descomposición de RSU en la ciudad para proteger la salud de la población. En la **Figura 28** se muestra el subsistema de implantación 1 de protección a la salud, como lo indica el MSV es un sistema independiente con su propia unidad operativa y presta servicios que benefician a la población de la CDMx.

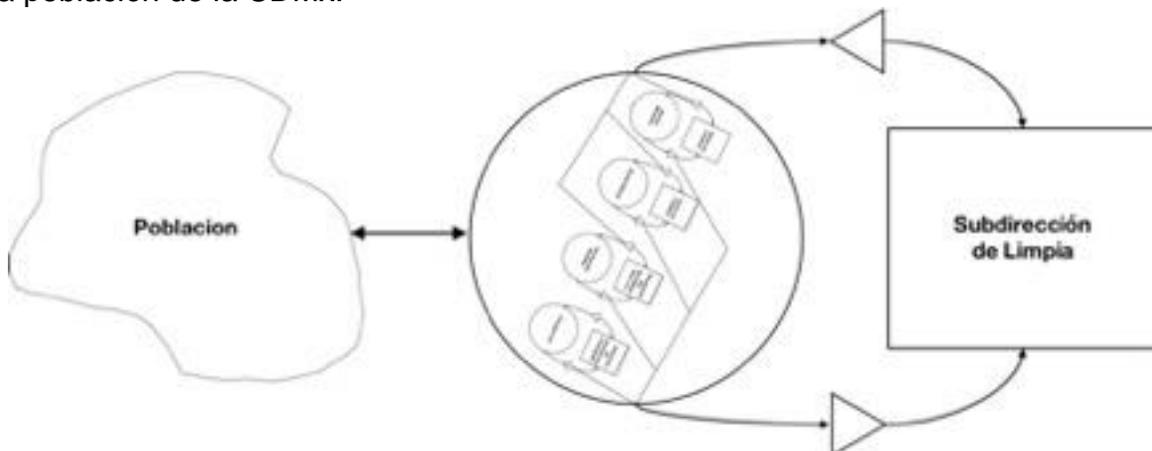


Figura 28. Subsistema Operaciones 1: Protección a la Salud
Fuente: Elaboración propia

2: Sistema de Protección al Medio Ambiente

La protección al medio ambiente está enfocada a reducir las emisiones contaminantes producidas por los RSU. Para la CDMx, se considera contar con una planta de composta con capacidad de 2,500 Ton/día para los residuos orgánicos, la Planta de San Juan de Aragón para la compactación de RSU no reciclables para su aprovechamiento térmico, y 5 rellenos sanitarios que cumplan con la NOM-083-Semarnat para los residuos no reciclables que no se puedan aprovechar térmicamente como se muestra en la **Figura 29**.



Figura 29. Unidades Operativas del Sistema de Protección al Medio Ambiente.
Fuente: Elaboración propia

El sistema de Protección al Medio ambiente considera que las 7 instalaciones operen como una APP, a fin de que el sector privado realice las inversiones que se requieren para aumentar y mejorar la infraestructura existente, y estas sean supervisadas por la Subdirección de Disposición Final y Tratamiento. El subsistema de operaciones 2: protección al medio ambiente es independiente tiene como unidad de coordinación a la subdirección de tratamiento y disposición final y el servicio que presta es el de evitar la contaminación del aire, agua y suelo como se muestra en la **Figura 30**.

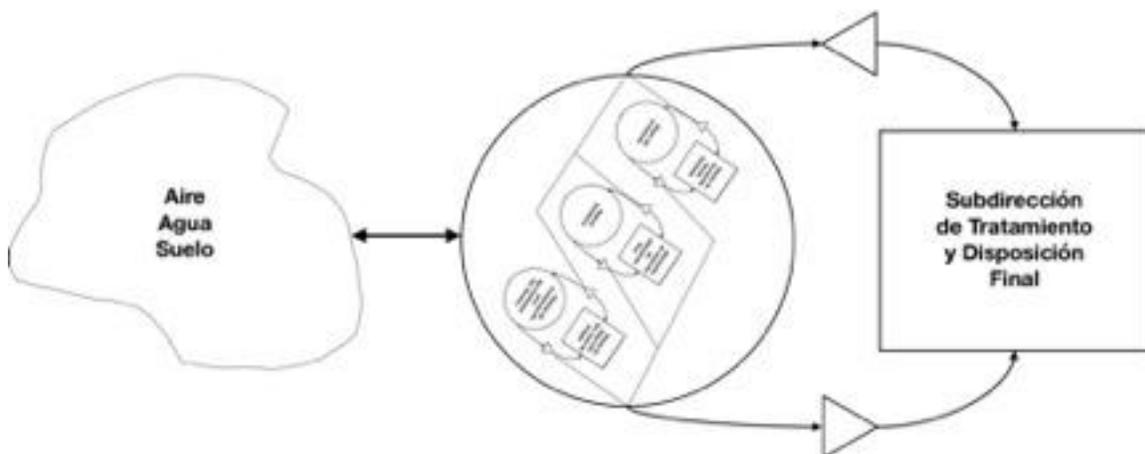


Figura 30. Subsistema Operaciones 2: Protección al Medio Ambiente
Fuente: Elaboración propia

3: Sistema de Valorización de RSU

El sistema de valorización está integrado por las unidades operativas de recolección informal y centros de acopio como se muestra en la **Figura 31**. La recolección informal será responsable de recolectar los residuos reciclables por medio de 590 cuadrillas integradas por 6 trabajadores informales que cubrirán cada una de las rutas existentes con una frecuencia de dos veces por semana, los reciclables recolectados se entregarán en los 273 centros de acopio registrados por la SEDEMA que se enviarán posteriormente al reciclaje industrial.

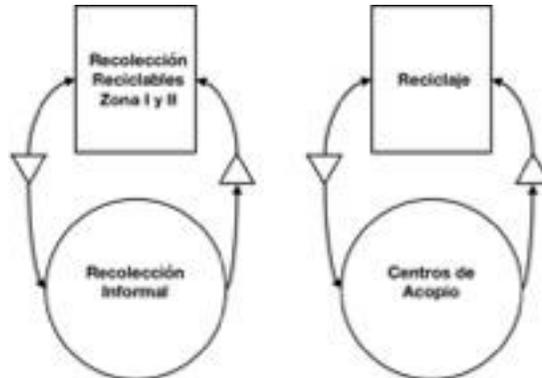


Figura 31. Unidades Operativas del Sistema de Valorización de RSU.
Fuente: Elaboración propia

El sistema de valorización tiene como actividad la recuperación de RU que se pudiesen comercializar, reparar o recuperar por los consumidores antes de desecharlos como residuos, para lo cual se emplean en orden de importancia las acciones de prevención, reúso, reducción y reciclaje. En el caso de la CDMx el sistema de valorización se realiza por medio del reciclaje del papel, cartón, vidrio, metales ferrosos y no ferrosos, y los plásticos de envases de bebidas y sería coordinado por la subdirección de programas de separación como se muestra en la **Figura 32**.

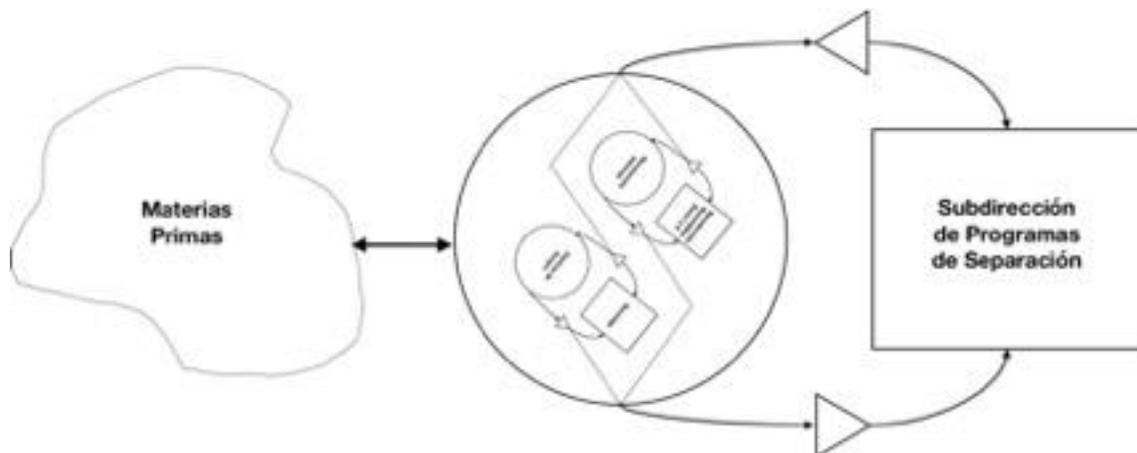


Figura 32. Subsistema Operaciones 3: Valorización de RSU.
Fuente: Elaboración propia

Las unidades operativas de los distintos sistemas relevantes cuentan con mecanismos que ayudan a la correcta interrelación con el medio ambiente, estos son los amplificadores, los cuales permiten ampliar la capacidad de la organización, en el caso de MIRSU de la CDMx, los amplificadores están dados por la normatividad y políticas públicas del MIS-RSU enfocadas a incluir a los distintos prestadores de servicios, que permiten ampliar los alcances de las unidades operativas al acotar las responsabilidades por tipo de RSU y con ellos mejorar la infraestructura existente.

Por otro lado, también se cuenta con atenuadores, los cuales selecciona la variedad existen en el entorno, solamente se utiliza aquella información que es relevante para la organización, en el caso del MIS-RSU se considera que el atenuador es la norma NADF-024-AMBT-2013 de separación de RSU que debe de cumplir la población, a fin de estandarizar el trabajo de las unidades operativas y mejorar la calidad con que se debe de prestar el servicio, en la **Figura 33** se muestra el sistema de operaciones.

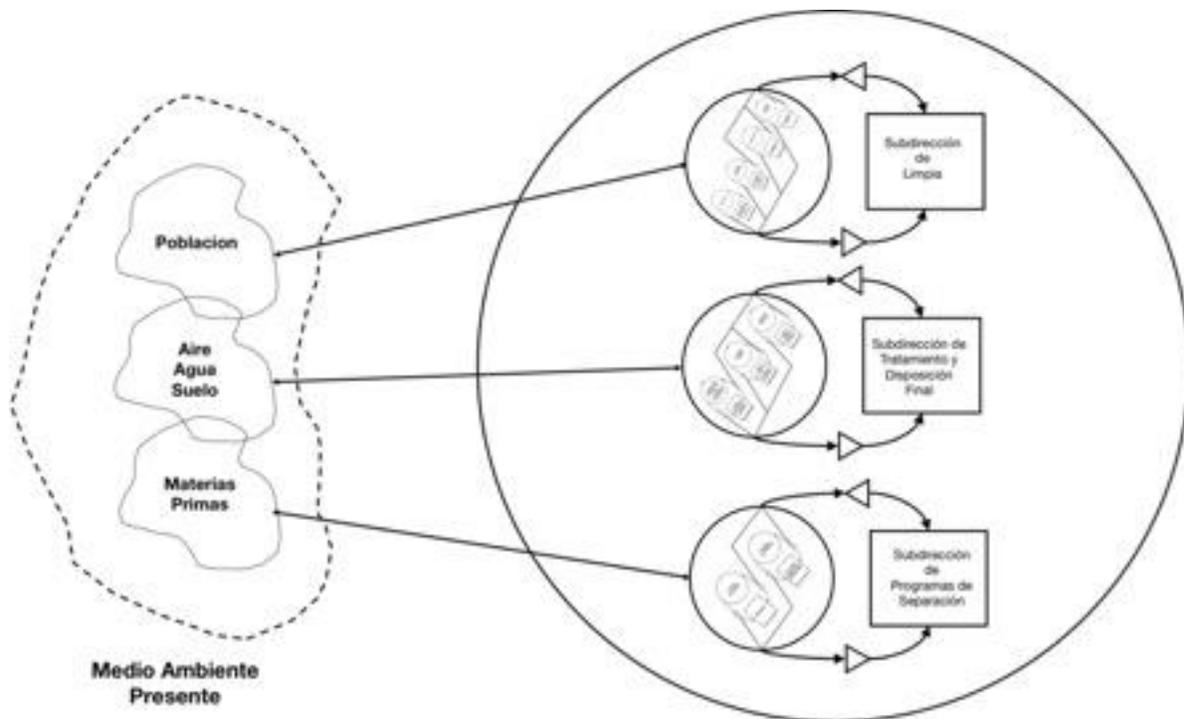


Figura 33. Sistema 1 "Operación" del MIS-RSU en la CDMx.
Fuente: Elaboración propia.

4.7.3 Sistema 2

El sistema dos es el encargado de coordinar el correcto funcionamiento de las actividades operativas del sistema (S1), para lo cual recibe información de cada uno de los subsistemas del MRSU. Este sistema es diseñado en conjunto por los responsables de cada unidad operativa, junto con el sustento del Sistema 3.

El sistema 2 está conformado por Sistemas de Información, programación de producción, programación de tareas, equipos de coordinación, procedimientos y normas. Estas

actividades, en específico los sistemas de información sirven como amplificadores y atenuadores entre las direcciones operativas, su unidad coordinadora y la unidad coordinadora general del sistema. El subsistema 2 funge como un sistema anti oscilatorio. Este sistema se encuentra fuera de la línea de mando. Se determina como un sistema de apoyo.

En el caso del MIS-RSU para la CDMx, la actividad principal del sistema 2 es que las distintas unidades operativas operen en armonía, se requiere que la interacción entre ellos sea estable, es decir que el flujo de RSU se de en las condiciones adecuadas para que exista un balance en el sistema 2.

1: Sistema de Limpia

En caso del sistema de limpia la función de coordinación está a cargo de la Subdirección de Transferencia, incorporando a las unidades departamentales de recolección y enlace de limpieza que actualmente están en la Subdirección de Limpieza dentro de la Dirección de Imagen Urbana que en el organigrama no tiene las atribuciones para el manejo de RSU. La unidad departamental de recolección zona I y II, están encargadas de programar los servicios en materia de recolección de RSU sólidos en la red vial primaria, de las 16 Alcaldías de la CDMx, a efecto de entregarlos en las estaciones de transferencia, y cada una de las alcaldías de la CDMx, se encargada de verificar el cumplimiento de las rutas de recolección de los RSU orgánicos y no reciclables, a fin de que se cubra todo su territorio. Mientras que los enlaces de limpieza se encargan de coordinar el barrido mecánico y el manual que realizan cada una de las 16 alcaldías que son las encargadas de verificar el cumplimiento de las rutas de barrido. Las otras dos unidades departamentales se encargan de las estaciones de transferencia y el transporte a los sitios de disposición final, plantas de selección, de composta y rellenos sanitarios; como de las actividades de limpieza en las estaciones de transferencia y del control y verificación de los viajes origen-destino. Así como verificar el cumplimiento de los servicios contratados en el sistema de transferencia y atender lo relacionado con las obras por administración.

2: Sistema de Protección al Medio Ambiente

La coordinación del sistema de protección al medio ambiente estaría a cargo de la Subdirección de Disposición Final, la cual tendría que modificar su estructura actual, dado que los servicios de tratamiento y disposición final se prestarían bajo una APP. Esta subdirección tiene la responsabilidad de validar los estudios, proyectos y obras relacionadas con el diseño, operación, clausura y post clausura de rellenos sanitarios para la disposición final de los residuos sólidos urbanos mediante las unidades departamentales de rellenos sanitarios, clausura de rellenos sanitarios y operación de sistemas de disposición final. En esta subdirección se debería de incorporar las unidades departamentales de operación de las plantas de separación, operación de la planta de composta y laboratorio de biología ambiental. Esta subdirección sería la encargada de supervisar las APP de disposición final.

3: Sistema de Valorización

La Subdirección de Programas de Reciclaje sería la encargada de coordinar el sistema de valorización que actualmente no existe formalmente. Para ello sería necesario la unidad de programas de reciclaje que ya existe y la creación de dos unidades de coordinación para la recolección de RSU no reciclables para cada uno de las dos zonas de recolección en que se dividen las 16 alcaldías de la CDMx. La supervisión de la recolección del sector informal estaría a cargo de cada una de las 16 alcaldías, ya que los informales cubrirán la misas rutas que la recolección que el servicio público, pero en distintos días, se propone que cada ruta se cubra 6 días a la semana, 4 por el sector público y 2 por los informales.

Los tres sistemas relevantes, están coordinados por la Dirección Ejecutiva de Transferencia y Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos que representan el sistema 2 como se muestra en la **Figura 34**, que tiene la responsabilidad de ejecutar las acciones vinculadas con el manejo de los residuos sólidos urbanos, desde la recolección, recepción, traslado, separación, tratamiento y disposición final, así como con la operación de las estaciones de transferencia, plantas de selección para el reciclaje y de la planta de composta, y proponer a DGSU los anteproyectos de criterios y normas técnicas para las actividades de la gestión integral de los RSU, la coordinación de los subsistemas se realiza con base en el manual administrativos de la Secretaría de Obras y Servicios, la Ley de residuos sólidos de la CDMx y su reglamento.

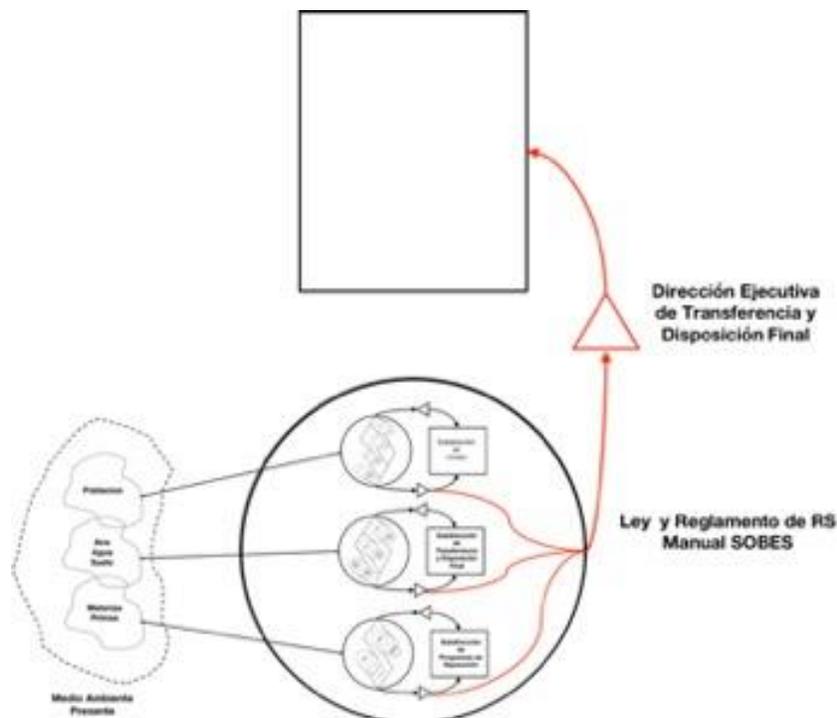


Figura 34. Sistema 2 “Coordinación” del MIS-RSU en la CDMx
Fuente: Elaboración propia.

4.7.4 Sistema 3

El sistema 3 es considerado como el punto de apoyo del sistema total está encargado del aquí y ahora de la organización. Contiene actividades del área operativa (Sistema 1) y actividades del área de dirección. Está a cargo del correcto funcionamiento de las actividades operativas, cuenta con una visión global del Sistema 1 del cual recibe información referente al funcionamiento de las operaciones, el cumplimiento de los objetivos; asimismo, asigna recursos financieros, materiales y humanos a cada uno de los subsistemas y trasmite instrucciones y objetivos dados por el Sistema 4 o el Sistema 5. En general, este sistema incluye actividades de: recursos humanos, administración y protección de recursos naturales y culturales, soporte a la comunidad, calidad, dirección de operaciones, finanzas e ingeniería.

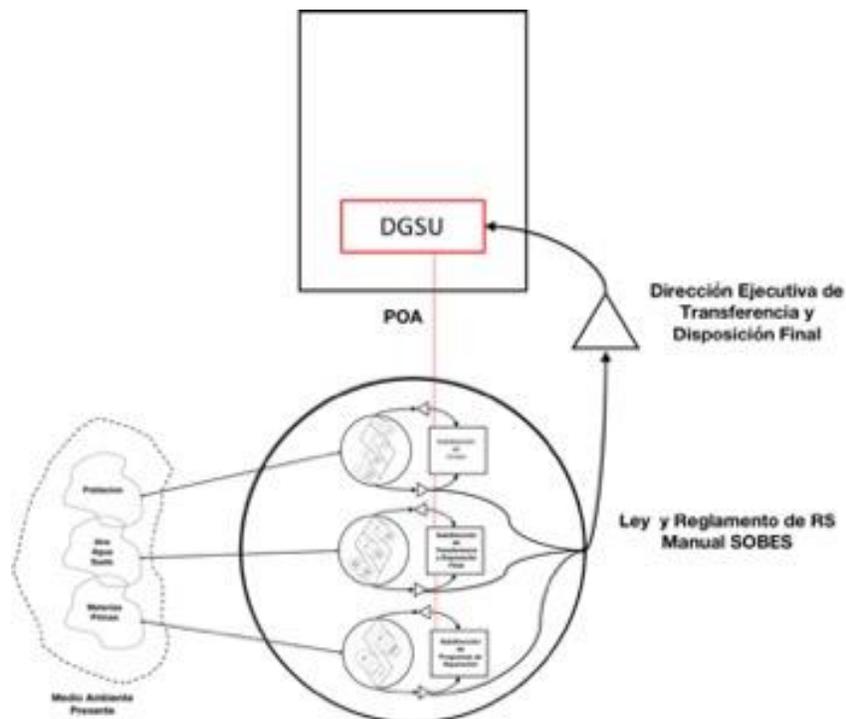


Figura 35. Sistema 3 “Control” del MIS-RSU en la CDMx.
Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en la **Figura 35** el sistema 3 corresponde a la Dirección General de Servicios Urbanos y Sustentabilidad, los servicios de limpieza de la red vial primaria de la CDMx y espacios públicos y en general el MIS-RSU; así como establecer en coordinación con las autoridades locales o federales competentes, instituciones académicas, los criterios y normas técnicas para las actividades de minimización, recolección, transferencia, tratamiento, aplicación de nuevas tecnologías y disposición final de RSU, del saneamiento de sitios clausurados, así como de los sistemas de reciclamiento y tratamiento de RSU; realizar los estudios, proyectos, construcción, conservación y mantenimiento de obras de infraestructura para el MIS-RSU, en estaciones de transferencia, plantas de selección para el reciclaje y de composta, rellenos sanitarios, sitios de disposición final clausurados, y de cualquier tecnología para el manejo y/o tratamiento de los residuos sólidos urbanos; así como

organizar y llevar a cabo el manejo, tratamiento y disposición final de los RSU, así como la operación de las estaciones de transferencia, plantas de selección para el reciclaje y de composta, y de cualquier tecnología para el manejo y/o tratamiento de los residuos sólidos urbanos. Para ello la asignación de recursos económicos y persona lo realiza mediante la elaboración del Programa Operativo Anual.

El subsistema 3 es auxiliado de un conducto denominado Homeostato, el cual es un canal regulador entre el Sistema 3 y 4, a través del cual se coordina la información, interna y externa, pasada, presente y futura para la toma de decisiones, así como la implementación en tiempo y forma de los cambios a realizar en el Sistema 1. En el caso del MIS-RSU, se considera que esta información se realiza mediante la elaboración del POA en donde anualmente se establecen metas para cada unidad operativa y en función de estas se asigna recursos, y se le da seguimiento trimestral para evaluar el cumplimiento de las metas y recursos utilizados.

4.7.5 Sistema 3*

El sistema 3* tiene por función captar y procesar la información que no puede ser transmitida a través del Sistema 2, ni del Sistema 3 debe asegurarse de captar la información completa y veraz que va del Sistema 1 a 3, lo cual realiza a través de auditorías de calidad, auditorías fiscales, estudios de competitividad, estudios de impacto ambiental, certificaciones y mecanismos informales de captura de información como encuestas, entrevistas y sondeos.

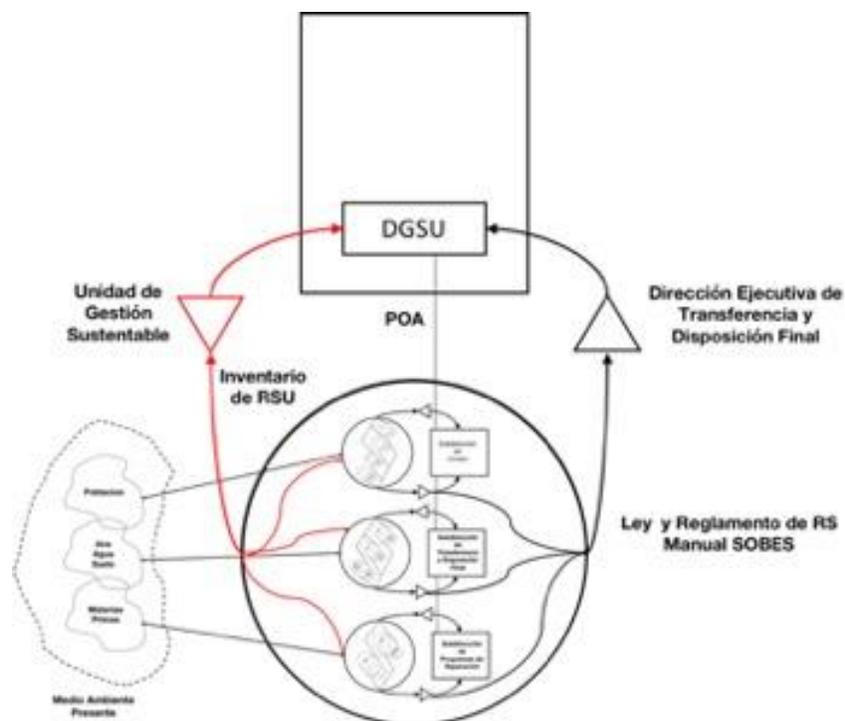


Figura 36. Sistema 3* "Auditoría" del MIS-RSU en la CDMx.
Fuente: Elaboración Propia.

Como se muestra en la **Figura 36** la encargada del Sistema 3* del MIS-RSU es la Unidad de Gestión Sustentable de Residuos Sólidos que está dentro de la Dirección General de Coordinación de Políticas y Cultura Ambiental y pertenece a la SEDEMA. Esta unidad tiene a su cargo el monitoreo del sistema, aplicando las herramientas tecnológicas que permitan procesar información en materia de RSU, a fin de analizar su manejo y evaluar la política ambiental para proporcionar información y asesoría técnica para los estudios en temas de emisión de gases de efecto invernadero relacionados los RSU con el objeto de reducir los efectos del cambio climático y la responsabilidad de formular y elaborar el inventario de RSU cuyo propósito es identificar la situación vigente en la CDMx. Para estas actividades la unidad de Gestión Sustentable de RSU se apoya de las unidades de enlace que existen en cada una de las subdirecciones de la Dirección Ejecutiva de Transferencia y Disposición Final.

4.7.6 Sistema 4

Este subsistema provee a la organización del entorno presente y futuro. Su actividad es la de una dirección estratégica. La información que obtiene deberá de convertirla en acción ejecutable a través de estrategias que genera con el Sistema 3, para el Sistema 1, bajo la misión, visión y objetivos planteado por el Sistema 5. La captación de la información se realiza a través de sensores instalados en las principales variables del entorno que afectan al sistema.

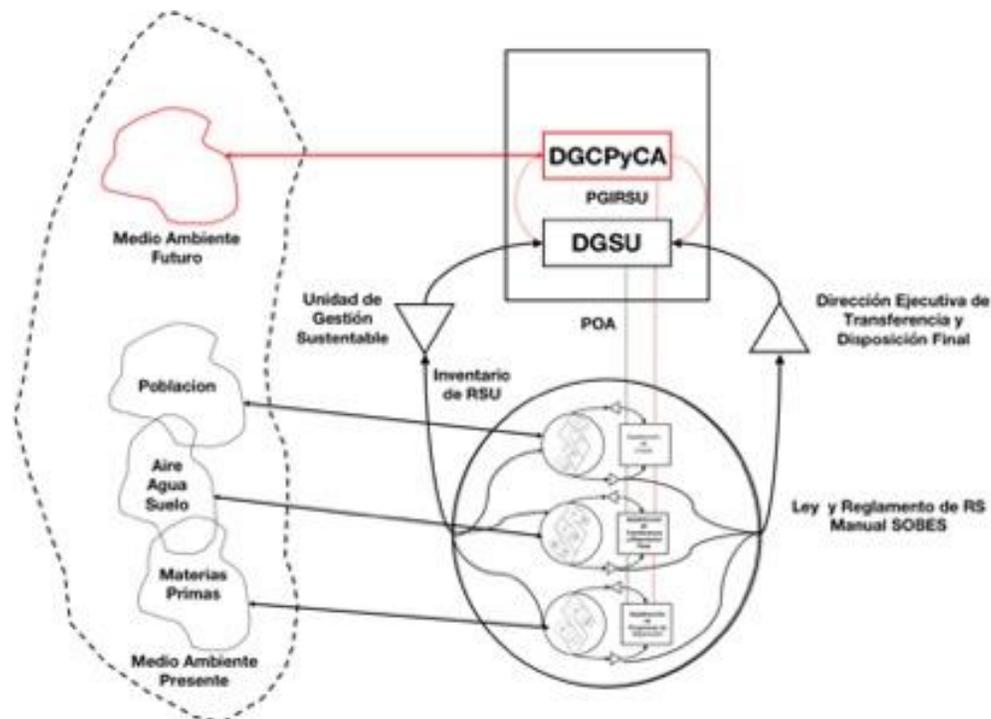


Figura 37. Sistema 4 "Inteligencia" del MIS-RSU en la CDMx.
Fuente: Elaboración Propia.

Como se muestra en la **Figura 37** el sistema 4, corresponde a la Dirección General de Coordinación de Políticas y Cultura Ambiental, ya que dentro de sus responsabilidades

está el coordinar el diseño de los planes y programas prioritarios de la gestión ambiental para la CDMx, en el caso de los RSU es la encargada de coordinar la elaboración, ejecución y evaluación del Programa de Gestión Integral de los Residuos Sólidos y promover la reducción, el reúso, el aprovechamiento y el reciclaje de los diferentes tipos de residuos en coordinación con otras autoridades competentes, además participar con ellas, en la creación de estrategias y mecanismos para el manejo ambiental adecuado de residuos de la competencia de la CDMx.

Este sistema 4 está en constante comunicación con el Sistema 3 a través del Homeostato para la generación de estrategias alineadas a los objetivos del sistema total para presentar al Sistema 5 en la toma de decisiones que para el caso del MIS-RSU se el caso del MIS-RSU propuesto es el **PGIRSU** que se elabora cada seis años y se establece las líneas estrategias para mejora el manejo de RSU.

4.7.7 Sistema 5

Este sistema contiene a los tomadores de decisión en el Manejo Integral de RSU. Para el correcto funcionamiento de este sistema, debe plantearse la misión, visión, metas y objetivos estratégicos, valores, políticas, canales de comunicación, clientes y mercado objetivo bajo los cuales se alineará el funcionamiento de Sistema Total.

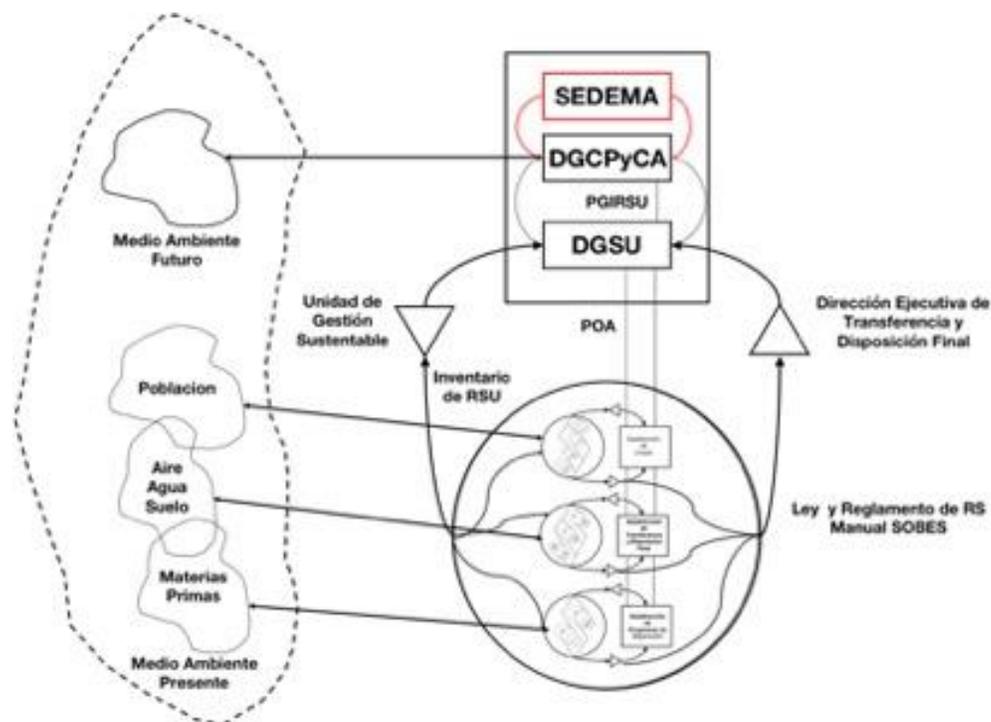


Figura 38. Sistema 5 “Política” del MIS-RSU en la CDMx.

Fuente: Elaboración Propia.

Como se muestra en la **Figura 38** a la Secretaria del Medio Ambiente le corresponde aplicar y vigilar el cumplimiento de las disposiciones de la Constitución local y de la legislación en materia ambiental aplicable; normas locales y federales, y emitir los

lineamientos, programas e instrumentos necesarios para la prevención y control de la contaminación ambiental. En materia de RSU regula y fomenta, en coordinación con la SOBES, las actividades de minimización, recolección, valorización, tratamiento, recuperación de energía y disposición final de los residuos sólidos, el establecimiento de los sitios destinados a la disposición final, así como la restauración de los sitios contaminados y la definición de los sistemas de reciclamiento y tratamiento de residuos sólidos de competencia local. Debiendo procurar en todo momento que los residuos con potencial de reciclaje se clasifiquen para un mayor aprovechamiento en las plantas de selección, tratamiento y análogas, antes de llegar a la recuperación de energía o a los sitios de disposición final;

Conjuntamente los subsistemas explicados con anterioridad y tomando en consideración las propiedades emergentes que surgen por su interacción, en la **Figura 39** se muestra el sistema viable para el MIS-RSU en la CDMx

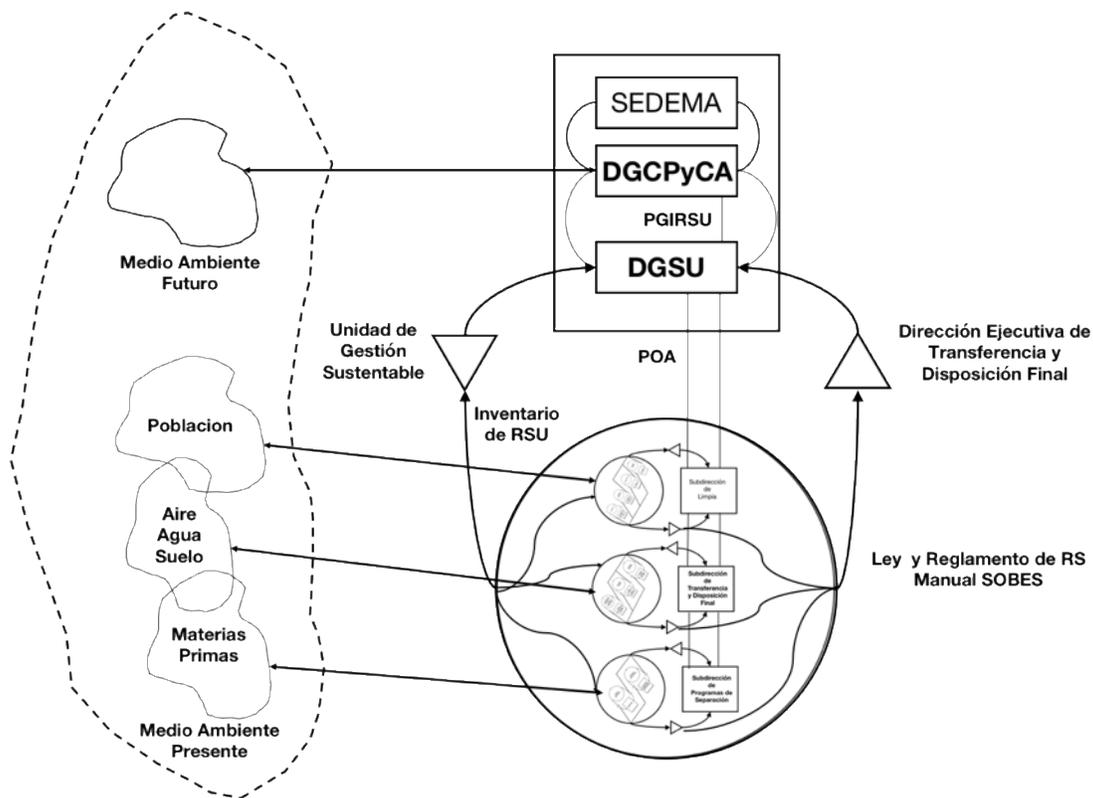


Figura 39. Modelo del Sistema Viable para la propuesta de MIS-RSU en la CDMx

Por último, se considera el Canal Algedónico como un dispositivo para monitorear las variables críticas en la información existente del entorno, esto a través de sensores instalados en el entorno para obtener la información con contenido catalogado como de gravedad en los subsistemas 1 y 3. Este canal va filtrando la información de acuerdo con la urgencia de esta, haciéndola llegar rápidamente hasta el Sistema 5, en el caso de así requerirlo. Estos sensores pueden ser medidos a través del grado de satisfacción de servicios, impactos sociales y culturales, monitoreo de proyectos e información estadística.

4.8 Acciones para la mejora

La CDMx es la que más RSU genera en el país, y su tasa de generación per cápita aún está en aumento, lo que muestra que las acciones de prevención implementadas por el gobierno de la ciudad no han tenido el efecto esperado en la población. Aunque es importante tener en cuenta que la tasa de tratamiento de la ciudad es superior al 30%, la mayor parte se trata en la planta de composta de Bordo Poniente, ya que actualmente más del 10% de los RSU de la ciudad se tratan allí (Kaza et al., 2018), dado que la eficiencia en la separación de RSU orgánicos en la CDMx es del 46% (Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2018). En cuanto al reciclaje de RSU la mayor parte se realiza en los vehículos de recolección, y en menor cantidad, en las plantas de separación.

Para mejorar los aspectos de minimización y reciclaje de residuos, es necesario aumentar la participación de la población en la planificación de la provisión de Manejo de RSU, la cual es mínima ya que no hay comités que se reúnan regularmente, para dar seguimiento al cumplimiento de la norma de separación NADF-024-AMBT-2013 o nuevas propuestas para mejorar el MIS-RSU. Se podría contar con un sitio web para establecer comunicación con la población acerca del MIS-RSU en la CDMx, similar al que actualmente se tiene para la calidad del aire.

Una vez establecida la separación de RSU, se considera el reconocimiento del sector informal en los servicios de recolección informales como se implementó en China desde 2007 para lograr un mejor desempeño en el reciclaje (Yang, 2018), para ello es necesario modificar las frecuencias de recolección para que coexista la recolección pública e informal. En cuanto a las Plantas de Separación estas ya no tendrían RSU mezclados para desarrollar sus actividades, por lo que tendrían que modificarse para realizar otros tipos de tratamiento, se recomienda que sea la compactación de RSU para su aprovechamiento térmico cuando sea posible.

Dado que una limitación para mejorar la infraestructura del MRSU de la CDMx es la falta de recursos económicos dado que el gobierno de la Ciudad no recibe ingresos por la recolección de RSU de los habitantes, los servicios públicos son gratuitos, independientemente de los niveles de ingresos de la población. Se propone la creación de APP, para el tratamiento y disposición final de los residuos mediante la planta de composta Bordo Poniente, 5 rellenos que cumplan con la NOM-083-SEMARNAT-203 y una planta de compactación para el aprovechamiento térmico de los RSU no reciclables.

En cuanto a la organización se requiere que todas a las áreas operativas relacionadas con el MIS-RSU pertenezca a la misma dirección, por lo que la subdirección de limpia encargada de la coordinación del barrido y la recolección, así como la coordinación de la recolección informal de nueva creación deberían de incorporarse a la Dirección Ejecutiva de Transferencia y Disposición Final.

Finalmente, el gobierno de la CDMx, debería mejorar la recopilación de datos, especialmente sobre la composición de RSU desde el último estudio que data de 2009, y contar con información detallada de los sectores público, privado e informal para que se cumplan los planes en la gestión de residuos incluyendo a todos los interesados y sus características, que actualmente los realiza la Unidad de Gestión Sustentable de Residuos Sólidos que es la encargada de los sistema de información de RSU y de elaborar el inventario de RSU de la CDMx, donde se resume toda la información relativa al manejo integral de RSU, que tiene una periodicidad de un año pero que se publica con más de 10 meses de retraso.

Conclusiones

Los primeros modelos para el análisis del manejo de los residuos sólidos se desarrollaron a principios de los años 70, consistían en modelos de optimización, sobre un aspecto particular del manejo y una sola fracción de los RSU. Hasta principios de los años 90, fue que los métodos de reciclaje y los principios de reducción y reúso se incluyeron en los modelos para planear el manejo de los RSU, reflejando la inclusión del cambio en las políticas ambientales a nivel mundial. Bajo esta nueva visión existen distintos flujos de residuos que según sus características se pueden someter a distintos tipos de tratamientos.

Actualmente los modelos para el manejo de RSU consideran tanto los aspectos económicos como los ambientales, con objeto de definir qué tratamientos se emplearán en una ciudad para reducir los impactos ambientales que generan, al menor costo posible. La eficiencia de los tratamientos en mucho depende de la correcta separación de los RSU, por lo que es indispensable la participación de los usuarios y prestadores de servicios para lograr una adecuada separación, por lo cual es esencial que los modelos consideren también los aspectos sociales, se considera que un manejo sustentable de los RSU, necesita ser ambientalmente efectivo, económicamente viable y socialmente aceptable (Nilsson-Djerf & McDougall, 2000).

Para el análisis del manejo de RSU en la CDMx se eligió el enfoque del "Manejo Integral Sostenible de RSU " (MIS-RSU) que es una forma sistémica de pensar y considerar el manejo de residuos, este enfoque proporciona información sobre aspectos que no se consideran comúnmente esenciales ya que contempla los aspectos ambientales, sociales y legales así como a las partes interesadas: recicladores, pequeñas empresas, jefes de hogar; y elementos prácticos o técnicos del sistema de gestión de residuos, incluida la prevención, la reutilización y el reciclaje (Van De Klundert & Anschütz, 2001).

Debido a la complejidad de los temas ambientales en la Zona Metropolitana del Valle de México para el Manejo de RSU además del Gobierno de la CDMx, intervienen distintos gobiernos locales, las 16 Alcaldías de la CDMx que realizan la recolección y barrido, así como tres municipios del Estado de México y uno del Estado de Morelos en donde se realiza la disposición y final.

En cuanto a los prestadores de servicio se tienen los servicios públicos que se enfocan en la prestación de barrido, recolección y transporte, los privados principalmente en la disposición final y tratamiento, y el sector informal en la valorización de RSU apoyado por los particulares. La coordinación de los distintos prestadores de servicio se encuentra en las distintas Subdirecciones de la Dirección General de Servicios Urbanos y Sostenibilidad de la SOBES.

Para el caso del sistema de manejo de RSU de la CDMx, se identifican como las tareas principales las relacionadas con los aspectos físicos del MIS-RSU que son, la protección a la salud, la protección al medio ambiente y la valorización de residuos.

La protección a la salud actualmente la realizan los servicios públicos de limpia que consiste en la recolección de los RSU de los espacios públicos y las casas habitación, para su disposición final y/o tratamiento fuera de la CDMx. Para este fin, existen en las Alcaldías los departamentos de limpia coordinados por la Subdirección de Limpia. Cada una de estas dependencias cuenta con infraestructura, presupuesto y personal propio para realizar esta transformación, aunque es importante mencionar que una parte importante de los empleados de limpia son voluntarios que aunque cumplen con las tareas del servicios de limpia su principal interés es la obtención de propinas y valorización de residuos para obtener un ingreso.

La protección al medio ambiente que consiste en la disposición final y el tratamiento de los RSU, es realizado por los servicios privados y públicos. Los servicios privados se encargan de la disposición final y la compactación de RSU para su aprovechamiento térmico, mientras que la planta de composta está a cargo del servicio público. Estos servicios son coordinados por la Dirección Ejecutiva de Transferencia y Disposición Final, uno de los mayores problemas de este sistema es la falta de recursos para la construcción de mejor infraestructura ya que la mayor parte se destina a la operación.

La valorización de los RSU, es el proceso que acorde a la política en materia de RSU debería de ser el de mayor importancia, sin embargo, no existe una dependencia encargada de este proceso, la mayor parte del proceso de valorización de los RSU lo realizan los voluntarios e informales conforme a las condiciones del mercado de los productos reciclables, de forma tal que la valorización de un RSU depende exclusivamente del valor que tenga en el momento.

Mediante la realización de este trabajo se comprobó la hipótesis planteada que la CDMx no tiene actualmente un manejo integral sustentable de los RSU, ya que los servicios están centrados en la protección de la salud pública dejando, en contra de las políticas ambientales vigentes, en un segundo plano la protección al medio ambiente y valorización de los RSU lo cual se determinó por medio de los indicadores de desempeño en el MIS-RSU. Los componentes con mayor rezago son los de la inclusión de los proveedores de servicio ya que la normatividad y política locales no prevén la participación de los servicios particulares e informales en el manejo de los RSU, aunque el indicador "Instrumentos locales coherentes" es el que tiene el mejor desempeño, ya que la CDMx cuenta con una estructura organizacional clara y coherente con planes y programas adecuados, sin embargo, la falta de monitoreo y supervisión disminuyen la efectividad, y afecta negativamente en la participación de la ciudadanía.

Para mejorarlo es necesario modificar el sistema actual para disminuir los impactos al medio ambiente mediante un modelo basado en el paradigma sistémico, esta investigación propone implementar un MIS-RSU en la CDMx en el que se tengan responsabilidades compartidas como las nuevas tendencias establecen. Es necesario incluir a todos los actores involucrados y desarrollar nuevas relaciones entre las dependencias de gobierno, los informales, organizaciones no gubernamentales y el sector privado en el manejo de los RSU. En este trabajo se plantea como una alternativa viable de solución, el desarrollo de una innovación social que se concibe como

un proceso que genera el cambio y es capaz de sostenerlo en el tiempo y el espacio, que logre la inclusión del sector informal y la participación activa de la ciudadanía en el manejo de los RSU, utilizando el enfoque del MIS-RSU, la metodología de los sistemas suaves y el modelo del sistema viable (MSV) para que la nueva organización sea capaz de mantener una existencia independiente y de adaptarse a los cambios que se vayan produciendo en su entorno.

La propuesta para el MIS-RSU en la CDMx, consiste en que el sistema de protección a la salud esté integrado por el servicio público que se encarga de la recolección y transporte de los RSU orgánicos y NO reciclables. El sistema de protección al ambiente estaría integrado por el servicio particular encargado de la composta y la disposición final, mientras que el sistema de valorización estaría a cargo de los informales y voluntarios en la recolección y transporte, y los privados en el acopio y tratamiento industrial.

Para ello es necesario dar cumplimiento de la norma de separación NADF-024-AMBT-2013. Una vez establecida la separación de RSU, se considera el reconocimiento del sector informal en los servicios de recolección informales como se implementó en China desde 2007 para logra un mejor desempeño en el reciclaje (Yang, 2018), para ello es necesario modificar las frecuencias de recolección para que coexista la recolección publica e informal. En cuanto a las Plantas de Separación estas ya no tendrían RSU mezclados para desarrollar sus actividades, por lo que tendrían que modificarse para realizar otros tipos de tratamiento, se recomienda que sea la compactación de RSU para su aprovechamiento térmico cuando sea posible. Dado que una limitación para mejorar la infraestructura en del MRSU de la CDMx es la falta de recursos económicos ya que el gobierno de la Ciudad no recibe ingresos por la recolección de RSU de los habitantes, los servicios públicos son gratuitos, independientemente de los niveles de ingresos de la población. Se propone la creación de la Asociación Publica Privada, para el tratamiento y disposición final de los residuos mediante la planta de composta bordo poniente, 5 rellenos que cumplan con la NOM-083-SEMARNAT-203 y una planta de compactación para el aprovechamiento térmico de los RSU no reciclables.

También se requiere que el gobierno de la CDMx, mejore en la recopilación de datos, especialmente sobre la composición de RSU desde el último estudio que data de 2009, y contar con información detallada de los sectores público, privado e informal para que se cumplan los planes en la gestión de residuos incluyendo a todos los interesados y sus características, que actualmente los realiza la Unidad de Gestión Sustentable de Residuos Sólidos que es la encargada de los sistema de información de RSU y de elaborar el inventario de la CDMx, donde se resume toda la información relativa al manejo integral de RSU, que tiene una periodicidad de un año pero que se publica con más de 10 meses de retraso.

En cuanto a la organización se requiere que todas las áreas operativas relacionadas con el MIS-RSU pertenezcan a la misma dirección, por lo que la subdirección de limpia encargada de la coordinación del barrido y la recolección, así como la coordinación de la

recolección informal de nueva creación deberían de incorporarse a la Dirección Ejecutiva de Transferencia y Disposición Final.

Finalmente es necesario considerar que la actual pandemia ocasionada por el virus SARS-CoV-2 resalta la necesidad de contar con un manejo integral sustentable. El manejo de los RSU es una de las pocas actividades que no ha disminuido su operación debido a la pandemia por considerarse una un servicio esencial. Hasta el momento no existe evidencia que durante el manejo de los residuos sanitarios haya dado lugar a la transmisión del virus COVID-19 o que los residuos domésticos desempeñen un papel en la transmisión del SARS-CoV-2 u otros virus respiratorios, por lo que no se recomiendan precauciones especiales para proteger a los trabajadores de residuos del COVID-19 al manipular RSU (European Commission, 2020; World Health Organization, 2020). La Asociación Nacional de Residuos Sólidos de Norteamérica sugiere que se continúe utilizando las precauciones ya en vigor para proteger a los trabajadores de los peligros que encuentran durante sus tareas rutinarias de trabajo (Solid Waste Association of North America, 2020).

La OMS indica que los RSU generados en casa durante la cuarentena, mientras se cuida a un familiar enfermo o durante el período de recuperación, deben embalarse en bolsas negras fuertes y cerrarse completamente antes de su eliminación y eventual recogida por los servicios municipales de residuos (World Health Organization, 2020), mientras que el Centro Europeo para la Prevención y el Control de Enfermedades (ECDC), indica que estas bolsas de residuos se pueden recoger juntas y colocarse en una bolsa de basura general, sin ser necesaria ninguna actividad especial de recolección u otro método de eliminación (European Commission, 2020).

En México la cartilla de manejo de los RSU, para prevenir la proliferación del COVID-19, se elaboró considerando que en nuestro país el manejo de los RSU implica regularmente que los separadores (formales e informales) rompan las bolsas para que los RSU reciclables sean removidos durante la cadena de gestión, lo que puede convertirse en una fuente adicional de riesgo para la población en general y para los involucrados en su manejo. Por ello se implementaron medias más estrictas para el adecuado manejo de los RSU en la pandemia. Se indica que los residuos COVID-19 que corresponden a los generados por un hogar u organización no hospitalaria donde resida una o más personas contagiada deberán ser rociados cuidadosamente con la “Solución ANTI COVID-19” (Con cloro doméstico 1/3 de taza de cloro por 4 litros de agua o para superficies que podrían ser dañadas por el cloro con una concentración de etanol del 70%) para minimizar la posibilidad de contagio al manejarlos. Para su almacenamiento se recomienda usar al menos dos bolsas, una dentro de la otra, la bolsa exterior deberá cerrarse herméticamente e identificarse de forma externa y clara (por ejemplo, con cinta aislante o similar) ROTULAR: COVID-19 y aislarse en un recinto alejado y debidamente ventilado hasta que sean recolectados. Adicionalmente se sugiere dotar a las cuadrillas de recolección de un rociador o atomizador conteniendo la “Solución ANTI COVID-19”, para su aplicación por rocío, a fin de desinfectar todos los residuos que vaya recolectando durante el cumplimiento de sus tareas, antes de entrar en contacto con ellos (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2020).

En cuanto a los trabajadores de los servicios relacionados con el Manejo de RSU la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda cumplir las exigencias más estrictas en materia de precauciones, especialmente en las prácticas de higiene, y el uso de equipo de protección personal (EPP) (Organización Mundial de la Salud, 2020). Garantizar la sustitución de guantes profesionales en caso de rotura o cualquier incidente de contaminación potencial, desinfectar regularmente la ropa de trabajo, el cumplimiento de protocolos estrictos sobre cómo colocar y quitar los EPP, evitando así el contacto incidental y la contaminación en todas las etapas (recolección, transporte y disposición final) (European Commission, 2020; Organización Panamericana de la Salud, 2020). Así como el lavado al final de la jornada de los vehículos de recolección y estaciones de transferencia e instalaciones en general con una solución de hipoclorito de sodio al 0.1% (Organización Panamericana de la Salud, 2020). Dado que las principales vías de transmisión son las gotas respiratorias y el contacto directo. Cualquier persona que esté en estrecho contacto con un individuo infectado corre el riesgo de estar expuesta a gotas respiratorias potencialmente infecciosas. Las gotas también pueden aterrizar en superficies donde el virus podría seguir siendo viable; por lo tanto, el entorno inmediato de un individuo infectado puede servir como fuente de transmisión (World Health Organization, 2020). En México la cartilla de manejo de los RSU, para prevenir la proliferación del COVID-19 hace las mismas recomendaciones sobre el uso del EPP sin embargo las hace extensivas a los trabajadores formales e informales, y en relación a la limpieza y desinfección de vehículos e instalaciones propone utilizar la solución Anti-COVID ya descrita (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2020).

Mención especial se hace al reciclaje de RSU, la Comisión Europea ha determinado que la recolección separada también es esencial para salvaguardar la transición hacia una economía más circular y los puestos de trabajo y las empresas que dependen del suministro secundario de materias primas. En el contexto de la crisis del coronavirus, es aún más importante que los ciudadanos separen bien sus residuos y garanticen el flujo de corrientes limpias de reciclables hacia las instalaciones de tratamiento de residuos (Comisión Europea, 2020).

En contraste en América Latina donde la separación es realizada principalmente por trabajadores informales que carecen de EPP, la OMS ha indicado prohibir la venta de materiales reciclables, para evitar que los trabajadores abran las bolsas de residuos para el reciclaje de RSU (Organización Panamericana de la Salud, 2020).

Las diferencias existentes en el manejo de los RSU durante la pandemia en los países desarrollados y en México, como lo indica la Cartilla de Mejores Prácticas para la Prevención del COVID-19, se debe a que la mayor parte del reciclaje se realiza mediante su separación manual en las etapas de recolección, por ello se recomienda que estas actividades deben suspenderse temporalmente ya que se convertirán en un foco inminente de contagio en caso de estar en contacto con RESIDUOS COVID-19. Incluso cuando los RSU aprovechables y valorizables, sean separados en la fuente se recomienda limpiarlos adecuadamente (con Solución ANTI COVID-19), y almacenarlos y someterlos a una cuarentena mínima de cinco días antes de entregarlos a cualquier

centro de acopio o empresa de recolección (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2020). Este riesgo adicional ocasionado por la separación manual de RSU se focaliza en los trabajadores informales, sector que se caracteriza por ser en su mayoría emigrantes de zonas rurales, con un nivel educativo menor al de primaria, existe una alta rotación, tienen baja experiencia laboral, perciben ingresos menores a los mínimos legales, poseen alta propensión a contraer enfermedades (Cervantes Niño & Palacios Hernández, 2012), por ello no tendría oportunidad de tener un medio de vida alterno.

Aun cuando la Cartilla de Mejores Prácticas para la Prevención del COVID-19 en el manejo de RSU, hace una serie de recomendaciones detalladas sobre cómo reducir el riesgo de contagio por COVID-19, lo cierto es que en el caso de México en donde las bolsas de basura se rompen para el reciclaje de RSU estas recomendaciones no se aplican en el sector informal y la población, ya que no existe una obligación para su cumplimiento con todas las implicaciones que de ello derivan.

Esta situación hace evidente la necesidad de cambiar el sistema actual de manejo de RSU a uno en que se promueva enérgicamente la separación en la fuente, y que mejore las condiciones en que labora el sector informal para mejorar sus condiciones de salud que ya son precarias y ante la pandemia están en riesgo de contagiarse e incluso perder la vida. Una opción que satisface estas necesidades es el Manejo Integral Sustentable de RSU (MIS-RSU) que en esta investigación se propone.

Finalmente, los residuos sólidos que se generan en las instalaciones de salud donde se tratan enfermos de COVID 19, todos los residuos sanitarios producidos durante la atención del paciente, incluidos los que tienen la infección COVID-19 confirmada, se consideran infecciosos (residuos infecciosos, punzantes y patológicos) y deben recogerse de forma segura en recipientes claramente marcados. Estos residuos deben tratarse, preferentemente in situ, y luego de forma segura (World Health Organization, 2020).

Trabajos futuros

Para dar continuidad a esta investigación, se sugiere realizar proyectos sobre las posibles modificaciones a la ley de residuos sólidos y su reglamento, para incluir las actividades que los trabajadores independientes y los privados realizan, a fin de que la normatividad sea congruente con la forma en que realmente se realiza el manejo de RSU.

También se requiere elaborar propuestas de líneas estratégicas en las que se indique las acciones que se consideran sean realizadas por los trabajadores independientes y los privados para un MIS-RSU en la Ciudad de México e incorpóralas en el próximo Programa para la Prevención y Gestión Integral de los RSU, con lo cual también se tendría que generar información directa sobre el desempeño de todos los sectores involucrados, y así poder evaluar en forma integral la efectividad de las políticas públicas que se implementen.

Finalmente, se requiere que en las próximas licitaciones relacionadas con el manejo de los RSU, en los términos de referencia donde se describen de manera detallada las características que se pretende tenga el servicio prestado, se incluyan tanto los aspectos físicos como los de gobernanza, con objeto de que las propuesta técnicas mejor evaluadas sean aquellas que tomen en cuenta también la inclusión de los proveedores y participación de la ciudadanía, y coadyuvar con las autoridades a alcanzar un MIS-RSU en la Ciudad de México.

Bibliografía

- Abarca Guerrero, L., Maas, G., & Hogland, W. (2013). Solid waste management challenges for cities in developing countries. *Waste Management*, 33(1), 220–232. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.09.008>
- Agencia de Cooperación Internacional de Japón. (1999). Estudio sobre el manejo de residuos sólidos para la Ciudad de México de Los Estados Unidos Mexicanos, Informe Final, Vol. I, I, 131. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd48/01clave.pdf>
- Aguilar Miranda, A., & Rivero Hernández, M. (2006). Innovación en la gestión de los residuos sólidos en la Región VII del Estado de México. *Espacios Públicos*, 9(18), 8–26. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/676/67601802.pdf>
- Ahmed, S. A., & Ali, M. (2004). Partnerships for solid waste management in developing countries: Linking theories to realities. *Habitat International*. [https://doi.org/10.1016/S0197-3975\(03\)00044-4](https://doi.org/10.1016/S0197-3975(03)00044-4)
- Aparcana, S. (2017, marzo 1). Approaches to formalization of the informal waste sector into municipal solid waste management systems in low- and middle-income countries: Review of barriers and success factors. *Waste Management*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.12.028>
- Ayala, C. B. (2012). *Análisis de la Evolución de la Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos en el Distrito Federal 1980-2008*. Instituto Politécnico Nacional. Recuperado de <http://tesis.ipn.mx:8080/xmlui/handle/123456789/10634>
- Banco de México. (2019). Inflación, precios, Banco de México. Recuperado el 9 de enero de 2019, de <http://www.anterior.banxico.org.mx/portal-inflacion/index.html>
- Beer, S. (1981). *Brain of the firm : the managerial cybernetics of organization* (2a ed.). J. Wiley. Recuperado de <https://www.wiley.com/en-us/Brain+of+the+Firm%2C+2nd+Edition-p-9780471948391>
- Beer, S. (1985). *Diagnosing the system for organizations* (1a ed.). Wiley. Recuperado de <https://www.wiley.com/en-us/Diagnosing+the+System+for+Organizations-p-9780471951360>
- Beer, S. (1995). *The heart of enterprise* (2a ed.). Wiley. Recuperado de <https://www.wiley.com/en-us/The+Heart+of+Enterprise-p-9780471948377>
- Bhada-Tata, P., & Hoornweg, D. A. (2012). *What a waste? : a global review of solid waste management* (Urban development No. 15). Washington D.C., USA.

Recuperado de

<http://documents.worldbank.org/curated/en/302341468126264791/What-a-waste-a-global-review-of-solid-waste-management>

Bolaane, B., & Isaac, E. (2015). Privatization of solid waste collection services: Lessons from Gaborone. *Waste Management*, 40, 14–21.

<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.03.004>

Byamba, B., & Ishikawa, M. (2017). Municipal solid waste management in Ulaanbaatar, Mongolia: Systems Analysis. *Sustainability (Switzerland)*, 9(6), 896.

<https://doi.org/10.3390/su9060896>

Castells, M. (1974). La cuestión urbana. *Arquitectura y Urbanismo*. Madrid: Siglo Veintiuno de España. <https://doi.org/316.3 CAS>

Castillo Berthier, H. (2003). Garbage, work and society. *Resources, Conservation and Recycling*, 39(3), 193–210. [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(03\)00027-2](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(03)00027-2)

Cervantes Niño, J., & Palacios Hernández, L. (2012). El trabajo en la pepena informal en México: nuevas realidades, nuevas desigualdades. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 27(1), 95–117. Recuperado de

<http://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=31226401003>

Checkland, P. (1999). *Systems Thinking, Systems Practice: includes a 30-year retrospective* (1a ed.). Chichester: John Wiley and Sons Ltd.

Checkland, P. (2000). Soft Systems Methodology: A Thirty Year Retrospective a. *Systems Research and Behavioral Science Syst. Res*, 17, 11–58. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.133.7381&rep=rep1&type=pdf>

Coffey, M., & Coad, A. (2010). *Collection of municipal solid waste in developing countries*. Malta: UN-HABITAT. Recuperado de

http://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/E-Learning/Moocs/Solid_Waste/W1/Collection_MSW_2010.pdf

Coffey, Manus, & Coad, A. (2010). *Collection of MSW in Developing Countries*. Malta: UN-HABITAT.

Cortinas, C. (1999). *Minimización y manejo ambiental de los residuos sólidos*. (J. Cedillo & J. Romero, Eds.) (1a ed.). México: Instituto Nacional de Ecología.

Recuperado de

http://centro.paot.org.mx/documentos/ine/mini_manejo_residuos_solidos.pdf

Costas A Velis, David C Wilson, Ondina Rocca, Stephen R Smith, Antonis

- Mavropoulos, & Chris R Cheeseman. (2012). An analytical framework and tool ('InteRa') for integrating the informal recycling sector in waste and resource management systems in developing countries. *Waste Management & Research*, 30(9), 43–66. <https://doi.org/10.1177/0734242X12454934>
- Couto, I., & Hernández, A. (2012). Participación y rendimiento de la iniciativa privada en la gestión integral de los residuos sólidos urbanos en la frontera México-Estados Unidos. *Gestión y Política Pública*, XX1(1), 215–261. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=13323078007>
- Durán, A., Garcés, M., Velasco, A., Marín, J. C., Gutiérrez, R., Moreno, A., & Delgadillo, A. (2013). Mexico city's municipal solid waste characteristics and composition analysis. *Rev. Int. Contam. Ambie*, 29(1), 39–46. Recuperado de <http://scielo.unam.mx/pdf/rica/v29n1/v29n1a4.pdf>
- Environmental Protection Agency. (2006). *Global Anthropogenic Non-CO2 Greenhouse Gas Emissions: 1990-2030*. Washington, DC. Recuperado de <https://www.epa.gov/global-mitigation-non-co2-greenhouse-gases/global-anthropogenic-non-co2-greenhouse-gas-emissions>
- Espejo, R., & Reyes, A. (2011). *Organizational Systems*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-19109-1>
- European Commission. (2020). *Waste management in the context of the coronavirus crisis*. Recuperado de <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/disinfection-environments-covid-19>
- European Environment Agency. (2013). *Managing municipal solid waste - a review of achievements in 32 European countries — European Environment Agency*. Copenhagen: European Environment Agency. <https://doi.org/10.2800/71424>
- Ezeah, C., Fazakerley, J. A., & Roberts, C. L. (2013, noviembre). Emerging trends in informal sector recycling in developing and transition countries. *Waste Management*. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.06.020>
- Fondo Nacional de Infraestructura. (2020). PRORESOL. Recuperado el 26 de marzo de 2020, de <https://www.fonadin.gob.mx/productos-fonadin/programas-sectoriales/proresol/>
- Guibrunet, L. (2019). What is “informal” in informal waste management? Insights from the case of waste collection in the Tepito neighbourhood, Mexico City. *Waste Management*, 86, 13–22. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2019.01.021>
- Guibrunet, L., Sanzana Calvet, M., & Castán Broto, V. (2017). Flows, system boundaries and the politics of urban metabolism: Waste management in Mexico

- City and Santiago de Chile. *Geoforum*, 85, 353–367.
<https://doi.org/10.1016/J.GEOFORUM.2016.10.011>
- Gunsilius, E., Chaturvedi, B., & Scheinberg, A. (2011). The Economics of the informal sector in Solid Waste Management. Recuperado el 26 de marzo de 2020, de moz-extension://6c02588f-c14f-7d49-9dc1-b6434ba8554f/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fwww.giz.de%2Fde%2Fdownloads%2Fgiz2011-cwg-booklet-economicspects.pdf
- Gutierrez-Galicia, F., Coria-Páez, A. L., Padilla-Tejeida, & Tejeida-Padilla, R. (2019). A Study and Factor Identification of Municipal Solid Waste Management in Mexico City. *Sustainability 2019*, Vol. 11, Page 6305, 11(22), 6305.
<https://doi.org/10.3390/SU11226305>
- Hafkamp, W. (2002). Comparison of National Solid Waste Regimes in Trajectories of Change. En N. Buclet (Ed.), *Municipal Waste Management in Europe* (pp. 7–26). Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-015-9910-8_2
- Henry, R. K., Yongsheng, Z., & Jun, D. (2006). Municipal solid waste management challenges in developing countries – Kenyan case study. *Waste Management*, 26(1), 92–100. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2005.03.007>
- Hernández-Ascanio, J., Tirado-Valencia, P., & Ariza-Montes, A. (2016). El concepto de la Innovación Social: ámbitos, definiciones y alcances teóricos. *Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, (88), 164–199.
- Hirschhorn, J., Jackson, T., & Baas, L. (1993). Towards Prevention: the emerging environmental management paradigm. En T. Jackson (Ed.), *Clean Production Strategies* (1a ed., p. 448). Chelsea, MI: Lewis.
- Instituto Nacional de Ecología. (1996). *Estaciones de transferencia de residuos sólidos en áreas urbanas*. (J. Sánchez & R. Estrada, Eds.) (1a ed.). México: Instituto Nacional de Ecología. Recuperado de <http://www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/105.pdf>
- Instituto Nacional de Ecología. (1997). *Estadísticas e indicadores de inversión sobre residuos sólidos municipales en los principales centros urbanos de México*. (R. del Pont, Ed.) (1a ed.). México: Instituto Nacional de Ecología. Recuperado de <http://www.web-resol.org/textos/REIDUOS SOLIDOS en Mexico.pdf>
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2012). *Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos versión extensa*. México. Recuperado de http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgcenica/diagnostico_basico_extenso_2012.pdf

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2017). *Anuario estadístico y geográfico de la Ciudad de México 2016* (1a Edición). (CDMX-INEGI, Ed.). México, México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado de http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2016/702825084318.pdf
- J. Padilla, A., & Trujillo, J. C. (2018). Waste disposal and households' heterogeneity. Identifying factors shaping attitudes towards source-separated recycling in Bogotá, Colombia. *Waste Management*, 74, 16–33. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.11.052>
- Jackson, M. C. (2003). *Systems thinking : creative holism for managers* (1a ed.). West Sussex: J. Wiley. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.476.2858&rep=rep1&type=pdf>
- Jefatura de Gobierno. (2004, octubre 1). Acuerdo por el que Aprueba y Expide el Programa General de Gestión Integral de los Residuos Sólidos. *Gaceta Oficial del Distrito Federal*, pp. 7–128. Recuperado de http://data.consejeria.cdmx.gob.mx/portal_old/uploads/gacetas/Octubre04_01_101bis.pdf
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. The World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>
- Kennedy, C. A., Stewart, I., Facchini, A., Cersosimo, I., Mele, R., Chen, B., ... Sahin, A. D. (2015). Energy and material flows of megacities. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112(19), 5985–5990. <https://doi.org/10.1073/pnas.1504315112>
- Konteh, F. H. (2009). Urban sanitation and health in the developing world: Reminiscing the nineteenth century industrial nations. *Health & Place*, 15(1), 69–78. <https://doi.org/10.1016/J.HEALTHPLACE.2008.02.003>
- Lévesque, B. (2012). *Social Innovation and Governance in Public Management Systems: Limits of NPM and search for alternatives?* Québec. Recuperado de https://crises.uqam.ca/upload/files/publications/etudes-theoriques/ET1116_GS.pdf
- Lezama, J. (2002). *Teoría Social, Espacio y Ciudad* (2a ed.). México: El Colegio de México. Recuperado de <http://www.antropologiaurbana.cl/wp-content/uploads/2014/08/Lezama-Teoría-social-espacio-y-ciudad-CapII.pdf>

- Ma, J., & Hipel, K. W. (2016). Exploring social dimensions of municipal solid waste management around the globe – A systematic literature review. *Waste Management*. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.06.041>
- Marshall, R. E., & Farahbakhsh, K. (2013). Systems approaches to integrated solid waste management in developing countries. *Waste Management*, 33(4), 988–1003. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2012.12.023>
- Mavropoulos, A. (2010). *Globalization, Megacities and Waste Management*. Athens.
- Mavropoulos, A. (2014). *Megacities Sustainable Development and Waste Management in the 21st Century*. Vienna.
- Mavropoulos, A., Willson David C., Appelqvist, B., Vells, C., & Cooper, J. (2012). *Globalization and Waste Management Phase 1: Concepts and facts*.
- McDougall, F., White, P., Franke, M., & Hindle, P. (2001). *Integrated Solid Waste Management: A Lifecycle Inventory* (2a ed.). Oxford: Blackwell Science. <https://doi.org/10.1002/9780470999677>
- McLaren, R., Coleman, D., & Mayunga, S. (2005). Sustainable Management of Mega Growth in Megacities. En *International Federation of Surveyors* (p. 16). Cairo.
- Meadows, D. H., & Wright, D. (2008). *Thinking in systems : a primer* (1a ed.). White River Junction: Chelsea Green Publishing Company.
- Morrissey, A., & Browne, J. (2004). Waste management models and their application to sustainable waste management. *Waste Management*, 24(3), 297–308. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2003.09.005>
- Muñoz-Cadena, C. E., Arenas-Huertero, F. J., & Ramón-Gallegos, E. (2009). Comparative analysis of the street generation of inorganic urban solid waste (IUSW) in two neighborhoods of Mexico City. *Waste Management*, 29(3), 1167–1175. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2008.06.039>
- Narvarte Arregui, P., & Careaga Díaz, C. (2016). El Modelo del Sistema Viable: una Referencia Estratégica para el Estudio Organizacional del Sector Cooperativo Chileno. *REVESCO. Revista de Estudios Cooperativos*, (121), 173–204. Recuperado de <http://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=36746512007>
- Nilsson-Djerf, J., & McDougall, F. (2000). Social factors in sustainable waste management. *Warmer Bulletin*, 73, 18–20. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/291875419_Social_factors_in_sustainable_waste_management
- Organización Mundial de la Salud. (2020). La OMS publica directrices para ayudar a los

países a mantener los servicios sanitarios esenciales durante la pandemia de COVID-19. Recuperado el 11 de junio de 2020, de <https://www.who.int/es/news-room/detail/30-03-2020-who-releases-guidelines-to-help-countries-maintain-essential-health-services-during-the-covid-19-pandemic>

- Organización Panamericana de la Salud. (2020). *RECOMENDACIONES PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS*. OPS.
- Pires, A., Martinho, G., & Chang, N.-B. (2011). Solid waste management in European countries: A review of systems analysis techniques. *Journal of Environmental Management*, 92(4), 1033–1050. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2010.11.024>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2002). *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial 2002 GEO-3* (1a ed.). Madrid: Grupo Mundi-Prensa. Recuperado de https://web.unep.org/geo/sites/unep.org.geo/files/documents/prelims_es.pdf
- Quadri, G., Wehenpohl, G., Sánchez, J., López, A., & Nyssen, A. (2003). *La Basura en el Limbo: Desempeño de Gobiernos Locales y Participación Privada en el Manejo de Residuos Urbanos* (1a ed.). México: Comisión Mexicana de Infraestructura Ambiental. Recuperado de http://centro.paot.org.mx/documentos/varios/basura_limbo.pdf
- Rodriguez-Ulloa, R., & Paucar-Caceres, A. (2005). Soft System Dynamics Methodology (SSDM): Combining Soft Systems Methodology (SSM) and System Dynamics (SD). *Systemic Practice and Action Research*, 18(3), 303–334. <https://doi.org/10.1007/s11213-005-4816-7>
- Sánchez González, J. J. (2010). ¿Innovando en la gestión pública? La experiencia mexicana en los gobiernos locales. *Espacios Públicos*, 13(27), 10–32. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67613199002>
- Santibañez-Aguilar, J. E., Flores-Tlacuahuac, A., Rivera-Toledo, M., & Ponce-Ortega, J. M. (2017). Dynamic optimization for the planning of a waste management system involving multiple cities. *Journal of Cleaner Production*, 165, 190–203. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.07.063>
- Scheinberg, A., & Anschütz, J. (2006). Slim pickin's: Supporting waste pickers in the ecological modernization of urban waste management systems. *International Journal of Technology Management and Sustainable Development*, 5(3), 257–270. <https://doi.org/https://doi.org/10.1386/ijtm.5.3.257/1>
- Schübeler, P., Wehrle, K., & Christen, J. (1996). *Urban management and infrastructure* (Collaborative Programme on Municipal Solid Waste Management in Low-Income

- Countries No. 9). St. Gallen, Switzerland: Swiss Centre for Development Cooperation in Technology and Management. Recuperado de <http://documents.banquemondiale.org/curated/fr/829601468315304079/pdf/400960Municipal1te0framework01PUBLIC.pdf>
- Seadon, J. K. (2010). Sustainable waste management systems. *Journal of Cleaner Production*, 18(16–17), 1639–1651. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2010.07.009>
- Secretaría de Administración y Finanzas de la Ciudad de México. (2018). Egresos. Recuperado el 16 de noviembre de 2018, de <https://data.finanzas.cdmx.gob.mx/egresos/>
- Secretaría de Finanzas. (2019). *Programa Operativo Anual*. Ciudad de México. Recuperado de https://data.finanzas.cdmx.gob.mx/documentos/POA_2019_egresos.pdf
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2003, octubre 8). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. *Diario Oficial de la Federación*, pp. 10–37. Recuperado de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgpgir/LGPGIR_orig_08oct03.pdf
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2020). *Cartilla para Mejores Prácticas para la Prevención del COVID-19 en el Manejo de Residuos Sólidos Urbanos | Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales | Gobierno | gob.mx*. Ciudad de México. Recuperado de <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/cartilla-para-mejores-practicas-para-la-prevencion-del-covid-19-en-el-manejo-de-residuos-solidos-urbanos>
- Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México. (2009, noviembre 4). Programa de Gestión Integral de los Residuos Sólidos para el Distrito Federal 2009-2014. *Gac. Of. del Dist. Fed.*, pp. 25–133. Recuperado de <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatal/Distrito Federal/wo40075.pdf>
- Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México. (2015). *Inventario de Residuos Sólidos CDMX 2014*. México. Recuperado de <http://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/programas/residuos-solidos/inventario-residuos-solidos-2014/IRS-2014.pdf>
- Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México. (2016a). *Inventario de Residuos Sólidos CDMX 2016*. México. Recuperado de <http://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/IRS-2016.pdf>
- Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México. (2016b). *PGIRS 2016-2020*.

- México, México. Recuperado de <http://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/programas/residuos-solidos/pgirs.pdf>
- Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México. (2018). *Inventario de Residuos Sólidos CDMX 2017*. Ciudad de México. Recuperado de https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/IRS_2017_FINAL_BAJA.pdf
- Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México. (2019). *Inventario de Residuos Sólidos CDMX 2018*. Ciudad de México.
- Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México. (2020, febrero 6). Aviso por el que se da a Conocer la Convocatoria CPTAR'SCDMX-2019. *Gaceta Oficial de la Ciudad de México*, pp. 2–13. Recuperado de [moz-extension://6c02588f-c14f-7d49-9dc1-b6434ba8554f/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fdata.consejeria.cdmx.gob.mx%2Fportal_old%2Fuploads%2Fgacetitas%2Fde6b3e494cdfcf51fba70d63881a9caf.pdf](https://www.gacetaoficial.cdmx.gob.mx/portal_old/uploads/gacetitas/2020/02/06/6c02588f-c14f-7d49-9dc1-b6434ba8554f/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fdata.consejeria.cdmx.gob.mx%2Fportal_old%2Fuploads%2Fgacetitas%2Fde6b3e494cdfcf51fba70d63881a9caf.pdf)
- Solid Waste Association of North America. (2020). *Guidance on Coronavirus (COVID-19)*. Silver Spring. Recuperado de [https://swana.org/initiatives/guidance-on-coronavirus-\(covid-19\)](https://swana.org/initiatives/guidance-on-coronavirus-(covid-19))
- Stoeva, K., & Alriksson, S. (2017). Influence of recycling programmes on waste separation behaviour. *Waste Management*, 68, 732–741. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.06.005>
- Sufian, M. A., & Bala, B. K. (2007). Modeling of urban solid waste management system: The case of Dhaka city. *Waste Management*, 27(7), 858–868. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2006.04.011>
- Supraciclaje. (2020). Precios Hoy. Recuperado el 13 de marzo de 2020, de <https://www.supraciclaje.com/precios-hoy/>
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. (1994). *Gestión integral de residuos sólidos* (1a ed.). Madrid: McGraw-Hill.
- Tello, P., Martínez, E., Daza, D., Soulier, M., & Terraza, H. (2011). *Informe de la Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en América Latina y el Caribe 2010*. Sao Paulo, Brasil. Recuperado de [https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/3286/Informe de la Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en América Latina y el Caribe 2010.pdf?sequence=2](https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/3286/Informe%20de%20la%20Evaluaci%C3%B3n%20Regional%20del%20Manejo%20de%20Residuos%20S%C3%B3lidos%20Urbanos%20en%20Am%C3%A9rica%20Latina%20y%20el%20Caribe%202010.pdf?sequence=2)
- The World Bank. (2018). GDP per capita, Atlas method (current US\$). Recuperado el 31 de enero de 2019, de

<https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD?end=2017&locations=MX&start=2011>

- Tsydenova, N., Vázquez Morillas, A., & Cruz Salas, A. (2018). Sustainability Assessment of Waste Management System for Mexico City (Mexico)—Based on Analytic Hierarchy Process. *Recycling*, 3(3), 45. <https://doi.org/10.3390/recycling3030045>
- United Nations. (2019). *World Economic Situation and Prospects 2019*. (United Nations Publication, Ed.) (1a ed., Vol. 1). New York: United Nations publication. Recuperado de <https://www.un.org/development/desa/dpad/>
- Van De Klundert, A., & Anschütz, J. (2001). *Integrated Sustainable Waste Management -the Concept*. (Anne Scheinberg, Ed.) (1a ed.). Gouda: WASTE.
- VanGigch, J. P. (2006). *Teoría general de sistemas* (3a ed.). Trillas.
- Vergara, S. E., & Tchobanoglous, G. (2012). Municipal Solid Waste and the Environment: A Global Perspective. *Annual Review of Environment and Resources*, 37(1), 277–309. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-050511-122532>
- Wehenpoh, G., & Hernández, C. (2006). *Guía para la elaboración de programas municipales para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos urbanos* (1a ed.). México: Secretaria de medio ambiente y recursos naturales. Recuperado de http://www.medioambiente.oaxaca.gob.mx/wp-content/uploads/2016/02/Guía_PMPGIRSU.pdf
- Wilson, B. (Brian). (1990). *Systems : concepts, methodologies, and applications* (2a ed.). New York: Wiley.
- Wilson D. C. (2007). Development drivers for waste management. *Waste Management and Research*, 25(3), 198–207. <https://doi.org/10.1177/0734242X07079149>
- Wilson, D. C., Rodic, L., Cowing, M. J., Velis, C. A., Whiteman, A. D., Scheinberg, A., ... Oelz, B. (2015). 'Wasteaware' benchmark indicators for integrated sustainable waste management in cities. *Waste Management*, 35, 329–342. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2014.10.006>
- Wilson, D. C., Rodic, L., Scheinberg, A., Velis, C. A., & Alabaster, G. (2012). Comparative analysis of solid waste management in 20 cities. *Waste Management and Research*, 30(3), 237–254. <https://doi.org/10.1177/0734242X12437569>
- Wilson, David C., Araba, A. O., Chinwah, K., & Cheeseman, C. R. (2009). Building recycling rates through the informal sector. *Waste Management*, 29(2), 629–635.

<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.06.016>

Wilson, David C., Velis, C., & Cheeseman, C. (2006). Role of informal sector recycling in waste management in developing countries. *Habitat International*, 30(4), 797–808. <https://doi.org/10.1016/J.HABITATINT.2005.09.005>

Wismer, S., & Lopez de Alba Gomez, A. (2011). Evaluating the Mexican Federal District's integrated solid waste management programme. *Waste Management & Research*, 29(5), 480–490. <https://doi.org/10.1177/0734242X10380493>

World Health Organization. (2020). *Water, sanitation, hygiene, and waste management for the COVID-19 virus: interim guidance*. Recuperado de <https://www.who.int/publications/i/item/water-sanitation-hygiene-and-waste-management-for-the-covid-19-virus-interim-guidance>

Yang, Y. (2018). *Assessment of the Wasteaware Indicator for Selected Cities in the US and China*. Columbia University.

Siglas y abreviaturas

BM	Banco Mundial
CDMX	Ciudad de México (Antes distrito Federal)
CIRE	Centros Integrales de Reciclado y Energía
DGSU	Dirección General de los Servicios Urbanos.
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente)
LGPGIR	Ley General Para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos
MIRS	Manejo Integral de Residuos Sólidos
MIRSM	Manejo Integral de Residuos Sólidos Municipales
PET	Tereftalato de Polietileno,
PMPGIRSU	Programa Municipal para la Prevención y Gestión Integral de los Sólidos Urbanos
RDF	Por sus siglas en inglés (Refuse-derived fuel) que consiste en una mezcla de RSU con Industriales o comerciales y acondicionada.
RSU	Residuos Sólidos Urbanos
SEDEMA	Secretaria del Medio Ambiente de la Ciudad de México
SEMARNAT	Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales
SOBSE	Secretaría de Obras y Servicios
SSM	Metodología de los sistemas Suaves
VSM	Modelo del Sistema Viable.

Glosario

Enfoque Sistémico:	Aplicación de las metodologías sistémicas para definir situaciones.
Efectividad:	Acción de lograr los objetivos y metas programadas con los recursos disponibles en un tiempo predeterminado.
Eficiencia:	Uso racional de los medios con que se cuenta para alcanzar un objetivo predeterminado; es el requisito para evitar o cancelar dispendios y errores.
Entradas:	Son los elementos que entran al sistema y sobre los cuales se aplican los recursos.
Jerarquía:	Estructura de puntos o eventos que admiten cierta forma de categorización a niveles.
Manejo Integral:	Las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, co-procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social.
Metodología:	Conjunto de procedimientos racionales utilizados para alcanzar una gama de objetivos que rigen una investigación científica.
Modelo:	Constructos diseñados por un observador que persigue identificar y mensurar relaciones sistémicas complejas.
Objetivo:	Elemento programático que identifica la finalidad hacia la cual deben dirigirse los recursos y esfuerzos para dar cumplimiento a los propósitos.
Proceso:	Estructura dinámica que articula acciones en el tiempo.
Reciclado:	Transformación de los residuos a través de distintos procesos que permiten restituir su valor económico, evitando así su disposición final, siempre y cuando esta restitución favorezca un ahorro de energía y materias primas sin perjuicio para la salud, los ecosistemas o sus elementos

R. Sólidos Urbanos:	Los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos.
Retroalimentación	La característica de regulación por la cual se recicla una porción de la salida (generalmente la diferencia entre los resultados real y lo deseado) a la entrada, a fin de mantener al sistema entre los umbrales de equilibrio.
Reutilización:	El empleo de un material o residuo previamente usado, sin que medie un proceso de transformación.
Salida:	Son los resultados del proceso de conversión o transformación del sistema.
Sistema:	Conjuntos de elementos que guardan estrechas relaciones entre sí, que mantienen al sistema directo o indirectamente unido de modo más o menos estable y cuyo comportamiento global persigue, normalmente, algún tipo de objetivo.
Sistema viable:	Así define Stafford Beer al sistema que cuenta con las características necesarias para mantener su existencia.
Transformación:	Cambio de las entradas de un sistema en salidas incrementando o disminuyendo su nivel de organización o complejidad.
Tratamiento:	Procedimientos físicos, químicos, biológicos o térmicos, mediante los cuales se cambian las características de los residuos y se reduce su volumen o peligrosidad
Valorización:	Principio y conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es recuperar el valor remanente o el poder calorífico de los materiales que componen los residuos, mediante su reincorporación en procesos productivos, bajo criterios de responsabilidad compartida, manejo integral y eficiencia ambiental, tecnológica y económica.

Variedad:

El número de posibles estados de un sistema. De acuerdo a Ashby, sólo la variedad interna puede destruir la variedad externa.

Anexo 1 Flujo de RSU de la Ciudad de México

Descripción	2011 (Ton/día)	2012 (Ton/día)	2013 (Ton/día)	2014 (Ton/día)	2015 (Ton/día)	2016 (Ton/día)	2017 (Ton/día)
Generación Residuos Sólidos Urbanos	12,750	12,740	12,816	12,893	12,843	12,920	12,998
Recolectado por Barrenderos	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,038
Central de Abastos	927	585	585	585	585	585	585
Recolección de las alcaldías	9,573	8,201	8,230	8,681	8,726	8,865	8,967
Recolectado en Vialidades Principales	0	393	427	411	578	403	1,082
Recolectado por Particulares	3	41	46	45	43	38	35
Recolección Total en la CDMx	10,504	9,220	9,288	9,722	9,932	9,891	10,669
	82.4%	72.4%	72.5%	75.4%	77.3%	76.6%	82.1%
Separación Manual en los vehículos de recolección (Pepena)	0	2,413	2,492	1,621	1,621	1,700	1,748
	0.00%	22.73%	23.24%	15.73%	15.67%	16.09%	16.31%
Tratamiento Composta	1,843	2,374	1,942	1,690	1,348	1,325	1,400
	14.45%	18.63%	15.15%	13.11%	10.50%	10.26%	10.77%
Disposición Final en Relleno Sanitarios	9,465	6,151	7,613	8,090	8,677	8,712	7,862
Tratamiento para aprovechamiento térmico en hornos de cemento	0	447	0.1	201	536	785	952
Residuos enviados a las plantas de Separación	3,789	4,259	3,380	3,758	3,573	4,075	3,858
Materiales recuperados en las Plantas de separación)	196	103	84	191	182	165	163
Eficiencia reciclaje	5.18%	2.42%	2.49%	5.08%	5.09%	4.05%	4.22%
Residuos captados por el sistema	11,504	11,488	12,131	11,793	12,364	12,687	12,125
	90%	90%	95%	91%	96%	98%	93%
Residuos recuperados	14.45%	41.37%	38.39%	28.84%	26.16%	26.35%	27.08%

Anexo 2 Gasto en el Manejo de RSU

Concepto	2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Ton/año	MDP	Ton/año	MDP	Ton/año	MDP	Ton/año	MDP	Ton/año	MDP	Ton/año	MDP	Ton/año	MDP
Álvaro Obregón	420,000	32.08	240,000	29.71	240,000	31.993	440,000	20.04	440,000	12.605	440,000	10.200	350,000	10.000
Azcapotzalco	230,000	146.10	200,000	146.43	200,000	156.905	200,000	193.13	200,000	217.164	200,000	182.731	200,000	179.633
Benito Juárez	299,755	170.60	269,780	169.75	242,802	180.530	218,522	181.27	218,522	184.232	218,000	179.641	218,000	200.934
Coyoacán	390,000	55.84	273,000	79.41	390,000	97.288	390,000	97.15	390,000	105.897	390,000	110.483	390,000	124.216
Cuajimalpa	90,000	17.88	90,000	16.35	90,000	16.143	96,000	20.66	96,000	28.366	96,000	38.073	130,000	42.686
Cuauhtémoc	800,000	227.07	800,000	311.88	800,000	389.154	800,000	467.51	800,000	488.746	800,000	511.125	800,000	579.209
Gustavo A. Madero	1,000,000	52.31	1,000,000	43.14	1,000,000	30.928	1,000,000	43.15	1,000,000	42.871	1,100,000	35.925	1,100,000	31.444
Iztacalco	314,000	15.06	314,000	3.65	314,000	10.323	314,000	18.90	314,000	21.824	317,000	37.078	317,000	39.226
Iztapalapa	1,300,000	237.72	1,300,000	170.64	1,300,000	135.098	1,300,000	143.60	1,300,000	107.444	1,341,600	86.566	1,341,600	103.960
Magdalena Contreras	157,147	32.61	157,747	18.68	157,747	30.038	157,747	40.25	75,513	44.722	150,806	43.066	165,886	43.691
Miguel Hidalgo	255,500	181.14	255,500	170.14	255,500	179.008	260,610	253.51	113,063	271.137	260,610	226.013	260,610	264.668
Milpa Alta	30,000	7.82	39,400	7.80	30,000	6.860	30,000	7.09	30,000	7.479	30,000	1.616	30,000	1.916
Tláhuac	167,000	48.28	160,000	32.85	160,000	34.828	160,000	33.57	150,025	77.300	150,000	6.226	150,000	6.973
Tlalpan	150,000	10.31	340,000	3.34	7	4.247	360,000	56.71	360,000	38.673	380,000	31.012	380,000	36.321
Venustiano Carranza	555,000	144.95	530,000	153.03	474,485	179.098	474,485	237.75	474,485	145.906	474,485	150.168	511,000	188.470
Xochimilco	200,000	42.99	231,400	42.19	231,400	67.320	231,400	125.81	232,000	89.886	232,000	95.567	232,000	95.567
Transporte														
Composta	4,500,000	693.27	2,555,000	1,005.50	6,112,869	1,192.591								
Separación							4,036,808	1,538.08	8,548,207	2,351.951	9,773,263	2,547.385	9,773,558	1,995.142
Disposición Final	3,556,300	421.80	1,640,000	949.41	1,640,000	811.235								
Recolección Especializada	1,600,000	33.86	14,650	22.51	14,650	54.713								

Anexo 3 Evaluación por Indicadores de Referencia

Número	Criterio	2017	MISRSU	Observaciones
1C.1	Apariencia de los puntos de recolección	15	15	Para este criterio se tomó en cuenta la relación existente entre los puntos de recolección existentes y el número de tiraderos clandestinos. Considerando una baja incidencia para un factor de 18.8% o cobertura del 82.2%. En el modelo propuesto se considera que se mantiene la misma calificación ya que los servicios de recolección se reorganizan, pero no se extienden. Para el modelo conceptual se considero mantera la misma calificación ya que se plantea una cobertura del 90% el mínimo en los países con mejor desempeño.
1C.2	Efectividad de la limpieza de calles	20	20	Se consideró una muy baja incidencia de RSU presentes en las avenidas principales y los espacios públicos en donde existen aglomeraciones de personas, ya que existen programas de barrida manual y mecánico para estas zonas. En el modelo conceptual no se consideran cambios en relación a los servicios de barrido.
1C.3	Efectividad de la recolección en las zonas de escasos recursos.	10	10	Según datos de 2017 existen 1,229 tiraderos clandestinos. El 42% de las alcaldías de Iztapalapa, Cuauhtémoc y Benito Juárez. Por lo que se considera una mediana incidencia ya que las alcaldías de Iztapalapa y Cuauhtémoc concentras la mayor parte de zonas marginadas. En el modelo propuesto se considera que se mantiene la misma calificación ya que los servicios de recolección se reorganizan, pero no se extienden
1C.4	Eficiencia y efectividad del transporte de los RSU.	20	10	Este servicio se presta con vehículos especializados, las cajas contendoras son propiedad del CDMx y los tracto camiones son concesionados, existe una mayor supervisión sobre este servicios si dispersan basura en el camino o no se cubre los viajes no se pagan. En el modelo propuesto se considera que se mantiene la misma calificación ya que los servicios de recolección se reorganizan, pero no se extienden
1C.5	Planeación y planificación oportuna del servicio.	10	20	La planeación de los servicios de recolección y transferencia se hacen conforme al POA (Programa operativo anual) y en este se realiza conforme a la cantidad de RSU a recolectar, en la mayoría de las dependencias esta cantidad se mantuvo constante el periodo analizado y solo se actualizaron los montos, en cuanto al monitoreo no existe una supervisión de las rutas solo la atención de las quejas ciudadanas. Los cambios propuestos en el modelo conceptual planta una reorganización de los servicios de recolección para que los servicios públicos e informales y voluntarios, no se contraonga, para lo cual es esencial que exista una adecuada planeación oportuna de los servicios, a fin de que no existan áreas de la ciudad que queden descubiertas o duplicadas.
1C.6	Seguridad y salud de los trabajadores de recolección	5	10	En general el país los empleados de limpia no utilizan los equipos de protección personal, pero en la CDMx estos resultan más evidente ya que la mayor parte de los empleados de recolección son voluntarios y no se les dota de uniforme y/ equipo de protección personal. El modelo conceptual considera que el sistema de recolección a cargo de los informales y voluntarios tenga el mismo reconocimiento que el público por lo que a este grupo igual a que al servicio públicos se les debería de exigir el uso de uniformes y Equipo de Protección Persona (EPP), aunque culturalmente existe una rechazo a su uso en el manejo de los RSU, por lo que en un principio se considera alcanzar solo un nivel medio.
Total, de puntos		80	85	
1.C Calidad de los Servicios de Recolección⁶		66.7%	70.8%	
Categoría		Medio-alto		

6 Promedio ponderado sobre 120 puntos totales.

Num.	Criterio	2017	MISRSU	Observaciones
2E.1	Grado de control en la recepción de RSU en las estaciones de transferencia.	15	15	En el 2017 se califico este rubro con un cumplimiento medio alto, ya que en las estaciones de transferencia si bien no existe dispersión de residuos en sus alrededores el control de polvos y olores no se encuentran en operación, sin embargo, a diferencia de otros años nos registran quejas de la población al no estar ninguna dentro de una zona habitacional. Para el modelo conceptual se considera la misma calificación ya que no se considero como una de las deficiencias significativas del sistema.
2E.2	Grado de control sobre el tratamiento y disposición de RSU.	15	20	Se considera un cumplimiento medio alto ya que en el año 2017 se utilizaron los sitios de La cañada el Milagro, Cuautitlán, Xonacatlan, Tepotzotlán y Cuautla. Todos cuentan con maquinaria, cubierta diaria y algún método de impermeabilización, sin embargo, el conjunto no cuenta con tratamiento de lixiviados y captación de biogás. Bajo el modelo conceptual propuesto se considera ampliar los plazos de contratación a través de concesiones como en otros estados de la republica y solicitar mejorar la infraestructura a fin de poder dar tratamiento de los lixiviados y captar el biogás y alcanzar una calificación más alta.
2E.3	Grado de monitoreo y verificación de los controles ambientales.	10	20	En el año 2017 se consideró un cumplimiento mediano No se tiene registro de que exista monitoreo alguno de las aguas subterráneas y superficiales, y tratamiento de lixiviados y biogás en los sitios de disposición final, sin embargo, los sitios de disposición final y tratamiento cuenta con las autorizaciones a nivel local, pero no todos los sitios de disposición final cumplen con las normas nacionales. En el modelo conceptual se considera que mediante las concesiones se podría exigir al los operadores el cumplimiento de I NOM-083-SEMARNAT-2003 que incluye el monitoreo de los lixiviados y el biogás.
2E.4	Eficiencia en el uso de los RSU para generación de energía.	15	15	En el año 2017 el 7.2% de los residuos se enviaron a cogeneración en hornos de cemento por lo que se considero un cumplimiento medio alto, y en el modelo conceptual se comidero mantener los mismos tratamientos térmicos proporción de residuos tratados.
2E.5	Grado de competencia técnica en la planeación, gestión y operación del tratamiento y disposición final.	10	15	Se considera un grado de cumplimiento medio ya que las autoridades encargadas del manejo de los RSU cambian cada tres años con el cambio de los gobiernos locales. Mientras que en el caso de los operadores privados no existe evidencia de la certificación del personal requisito algún en el proceso de contratación. Se considera. Se considera que al ser entregados en concesión a los particulares estos tendrían que establecer programas de entrenamiento y carrea para el personal que labora en los sitios de disposición final y tratamiento, con lo que se alcanzaría un nivel medio alto. Aún faltaría establecer un programa de capacitación y carrero para las autoridades
2E.6	Protección y salud de los trabajadores	15	20	En general el país los empleados de limpia no utilizan los equipos de protección personal, aunque en las instalaciones de transferencia, transporte y disposición final, no existe personal voluntario y/o informal, que se les dota de equipo de protección personal por lo que se asigna una clasificación media alta. Se considera que en las empresas concesionarias de este servicio al tener planeas de capacitación y carrera, tendrían también una mayor vigilancia en el uso de equipo de protección personal con lo que se considera un nivel alto de cumplimiento.
Total de puntos		80	105	
2.E Calidad Protección ambiental en el tratamiento y disposición final de RSU⁷		66.7%	87.5%	
Categoría		Medio-Alto	Alto	

7 Promedio ponderado sobre 120 puntos totales.

Num.	Criterio	2017	MISRSU	Observaciones
3R.1	Separación en la fuente de residuos secos	10	20	En el 2017 se consideró para este indicador un valor medio ya que se reportó que la eficiencia en la recolección selectiva es del 46%. Para el modelo conceptual se considera que se requiere una eficiencia de al menos el 90% por lo que se evaluó con un valor alto.
3R.2	Calidad del material orgánico reciclado (Compost).	20	20	El material que llegó a las plantas de composta en 2017 para su tratamiento es el que se separó desde la fuente, durante el proceso de elaboración se monitorea la temperatura y se criba para que el producto final tenga una calidad homogénea. El modelo conceptual propone que se mantenga la misma calidad de tratamiento pero que esta a cargo en concesión por particulares, por lo que se evaluó con un valor alto
3R.3	Focalizarse en los primeros niveles de la jerarquización de residuos	15	15	A nivel Nacional la CDMx, es la primera en instaurar un programa de separación obligatorio focalizado los esfuerzos en la separación y no en la prevención y minimización, además de que no se ha establecido una meta para incrementar el porcentaje de reciclaje por lo que considera medio en el 2107. El modelo conceptual se enfoca en el cumplimiento de la separación en 4 fracciones y no en las acciones de minimización por lo que se considera la misma calificación.
3R.4	Integración de la comunidad y/o recicladores informales con el servicio formal.	10	20	Durante el 2017 los esfuerzos institucionales se enfocaron en la integración de la comunidad al manejo de los RSU, promoviendo en el reciclaje mediante campañas de difusión para el cumplimiento de la separación en la fuente por lo que se considera un nivel medio. El modelo conceptual además de la promoción de la separación considera el reconocimiento del sector informal y considéralo como un prestados de servicio independiente que en forma exclusiva se el responsable de los residuos reciclables que son su principal fuente de ingresos, por lo que se alcanzaría un valor alto
3R.5	Protección ambiental en el reciclaje.	5	10	Existe un desconocimiento del destino final de una parte importante de los residuos que se generan en la CDMx, especialmente de los que se recicla el sector informal por lo que se le asigna un cumplimiento medio bajo. En el modelo conceptual se considera dar reconocimiento al sector informal para tener un mejor control de la cantidad de residuos que se recuperan y destino, aunque la mayoría de ellos no se entrega directamente a los sitios de tratamiento los cuales están fuera de la Ciudad, y la regulación de este proceso corresponde a la federación por lo que se considera un nivel medio.
3R.6	Protección y salud de los trabajadores	0	10	Los voluntarios y pepenadores en las plantas de selección no se les dota de uniforme y/ equipo de protección personal por lo que actualmente se considera que no existe cumplimiento alguno. El modelo conceptual considera que el sistema de recolección a cargo de los informales y voluntarios tenga el mismo reconocimiento que el público por lo que a este grupo igual a que al servicio públicos se les debería de exigir el uso de uniformes y equipo de protección persona EPP aunque culturalmente existe una rechazo a su uso en el manejo de los RSU, por lo que en un principio se considera alcanzar solo un nivel medio.
Total		60	95	
3R Valorización de los RSU		50%	79 %	
Categoría		Medio-Bajo	Medio-Alto	

Num.	Criterio	2017	MIRSU	Observaciones
4U.1	Équida en la provisión del servicio.	15	15	No existe diferenciación en la prestación del servicio de recolección dependiendo del nivel de ingresos, ya que prevalecen en la ciudad los muros de parda fija y esquina con vehículos de carga trasera, por lo que las diferencias se dan en las zonas con calles estrechas o de difícil acceso. Para el modelo conceptual se considera que se mantendría esta equidad en la prestación de los servicios, y existiría un incremento en la cobertura del 82% al 90%, por lo que se mantendría una clasificación de media alta. Para alcanzar el nivel alto sería necesario implementar distintos métodos de recolección que logran tener una cobertura del 100%.
4U.2	Derechos a ser escuchado.	10	10	Existe el derecho de participación ciudadana en el proceso de elaboración del Programa de Gestión Integral que se actualiza cada 5 años, pero no existe consulta pública para la elaboración del programa operativo anual, por lo que se considera una calificación media. En el modelo conceptual no considera cambios a la Ley de Residuos en cuanto a este tema por lo que se mantiene la misma clasificación.
4U.3	Nivel de participación usuarios.	5	10	Para el 2017 se considera un nivel medio-bajo ya que no existen comités de gestión de residuos sólidos que se reúnan periódicamente, solo se hace una consulta pública cada 6 años cuando se elabora un nuevo plan de manejo de residuos. En el modelo conceptual, las opiniones de las ciudadanías se tomarían periódicamente a través del sitio web, pero aún así participar directamente en la elaboración de los planes y programas, con lo que se alcanzaría un nivel medio.
4U.4	Mecanismos de retroalimentación con los usuarios	10	20	No existen comités integrados por distintos sectores de la población que se reúnan periódicamente para discutir el manejo de RSU, aunque sí existen teléfonos y buzones en las distintas dependencias para tender las quejas de los ciudadanos en las deficiencias en la prestación de los servicios de limpieza, principalmente barrido y recolección. En el modelo conceptual se considera implementar un sitio web exclusivo para el manejo de RSU en la Ciudad de México, en donde se reciban oportunamente las sugerencias y quejas de la población y se incorporen oportunamente a los planes y programas de manejo de RSU con lo cual se consideraría un nivel alto.
4U.5	Conciencia y educación del usuario.	15	20	Hasta antes del 2014 la comunicación y difusión de los programas de manejo de RSU se realizaba a través del personal operativo del servicio de limpieza, en los años subsiguientes se tiene una partida específica para los programas de difusión y educación del usuario. El modelo conceptual se considere tener campañas de concientización constantes en todas las alcaldías para poder lograr un 100% en la separación de RSU.
4U.6	Efectividad en el logro de los cambios de comportamiento.	10	20	Para determinar el nivel de participación de la ciudadanía, se tomó como referencia la eficiencia de la separación de residuos orgánicos reportado en el 2017 que fue del 46% y un valor medio para este indicador. En este caso con las mejoras propuestas se espera que se alcance un 100% en la separación y por lo tanto un nivel alto de este indicador.
Total		65	90	
Promedio		54.3%	75.0%	
Categoría		Medio	Medio-alto	

Num.	Criterio	2017	MISRSU	Observaciones
4P.1	Marco Legal.	0	15	Existe un marco legal nacional en materia de residuos, en donde se indican las responsabilidades y atribuciones de los distintos niveles de gobierno y se delinea la política en materia de residuos a nivel nacional. Para el caso de los RSU estas atribuciones corresponden al gobierno de la CDMx, quien ha publicado su propia ley y reglamento en materia de RSU así como normas que establecen la separación y tratamiento de algunas fracciones de RSU. Pero no establece las bases para la participación público-privada (PPP), participación privada (PSP) o la participación del sector informal. En el programa de gestión 2014-2020 se prevé la participación de los privados e informales en el reciclaje y acopio de estos hasta el 2020. En el modelo conceptual se retoma esta idea para hacer las medicaciones pertinentes para dar en concesión los servicios de tratamiento y disposición final (en febrero 2020 se publicó la primera licitación para este fin) y dar reconocimiento al sector informal por lo que se considera pasar a un nivel medio-alto
4P.2	Representación del sector privado.	5	20	Los prestadores de servicios privados la posibilidad de participar en la consulta del Programa de Gestión de Residuos de la misma forma que la población, pero no en la elaboración del plan o de los programas operativos anuales. En el modelo conceptual el sector privado sea el único responsable de la disposición final y tratamiento, y participaría en la planeación del manejo de los RSU.
4P.3	Rol del sector informal y la ciudadanía.	5	20	No existe reconocimiento al mismo nivel que los servicios públicos para el sector informal. Tanto en la normatividad como en los planes y programas no se hace mención de los servicios que prestan o la cantidad de residuos que manejan. El modelo conceptual considera darle reconocimiento a este sector, y asignarle la responsabilidad del manejo de residuos reciclables, por lo que se alcanzaría una calificación alta.
4P.4	Balance entre los intereses del sector privado y públicos prestación de los servicios.	10	20	No existe un adecuado balance en la prestación de los servicios en la CDMx, el servicio de recolección domiciliar y el barrido es únicamente público, lo que no permite la posibilidad de que exista un servicio diferenciado, para contar con métodos y cobros distintos según el nivel de ingreso de la población. En contraste la disposición final se realiza exclusivamente por particulares con los que se realizan contratos anuales, lo que no permite tener una certidumbre a largo plazo en la calidad y protección ambiental de este servicio. El modelo conceptual considera dividir la responsabilidad en función de cada uno de los prestadores de servicios en función de su interés a fin de que exista un balance, con lo que se alcanzaría un nivel de cumplimiento alto.
4P.5	Procesos de Licitación	10	20	Los procesos de contratación no son abiertos, sino que se limita a invitación de tres proveedores ya que su duración es de un año, sin embargo, los proceso son transparentes se puede tener acceso a los contratos donde se indican montos y condiciones del servicio. El modelo conceptual considera que se modifiquen los plazo y formas de contratación, mediante procesos de contratación y concesión de mas 10 años a fin de que se puedan relazar las inversiones necesarias para cumplir con la normatividad ambiental vigente, se considera alcanzar un valor alto.
Total		30	115	
Promedio		30.0%	95.9%	
Categoría		Medio-bajo	Alto	

Num.	Criterio	2017	MIRSU	Observaciones
5F.1	Contabilidad de costos	15	15	Se considera una calificación media alta ya que se conoce el costo total del servicio de manejo de RSU pero no el de los distintos servicios que la integran. En el modelo conceptual se esperaría que cada prestador de servicios de a conocer el importe de los recursos públicos que se le sería otorgados en el caso de los particulares por el servicio de disposición final y tratamiento, y en el caso de los informales por la recolección de residuos reciclables, por lo que se considera mantener un cumplimiento medio alto.
5F.2	Cobertura del presupuesto	10	10	Se considera como un nivel medio, ya que el presupuesto cubre todos los costos de operación y mantenimiento, pero el porcentaje de inversión es de 1% para 2012, 2013 y 2017. Mientras que se considera medio alto en los años 2011, 2015 y 2016 donde considero un 15% del presupuesto para inversión. El modelo conceptual considera tener una disminución en el gasto al disminuir la cantidad de residuos NO reciclables y su envío a los rellenos sanitarios, el ahorra que se tendría se utilizaría en el pago del tratamiento y disposición final de RSU en sitios a cargo de particulares con mejor calidad, por lo que se considera que se mantendría un nivel medio, hasta que no se considere la opción del pago de los usuarios.
5F.3	Recuperación de costos locales a través de los usuarios.	0	10	Se considera un nivel bajo ya que los usuarios no pagan por los servicios de limpia. En el modelo conceptual se considera que para el sector informal el mas vulnerable de todos se tendría un ingreso por parte de los usuarios de 2.48 pesos por kilogramo de material reciclado recolectado que permitirá sostener el servicio. Mientras que para los servicios de los particulares las autoridades tendrían que seguir pagado el servicio aunque con perdidos de contratación mayores podrían obtener un mejor servicio, y cubrir los gastos de la recolección de residuos no reciclables, por lo que se considera alcanzar un nivel medio.
5F.4	Asequibilidad del usuario	20	20	Se considera asequible para todos los usuarios ya que con las propinas voluntarias se tiene accesos a los servicios de limpia. En el modelo conceptual considera que esta condición se mantenga en detrimento de la cobertura del presupuesto.
5F.5	Precio de la disposición final	15	20	Durante el periodo analizado los sitios de disposición utilizados pertenecen a particulares, que obtienen una ganancia económica por la prestación del servicio. Se le asignó una calificación de 15, ya que no se considera que tengan una partida para la clausura ya que la contratación con la CDMx es anual. Se considera en el modelo conceptual que al otorgarlos en concesión se incluirán todos los costos asociados a la disposición final para cumplir la NOM-083-SEMARNAT-2003, incluido el tratamiento de biogás, lixiviados y clausura por lo que se alcanzaría un nivel alto
5F.6	Acceso a capital de inversión	5	10	Se considera este indicador como bajo, ya que las inversiones que realiza la CDMx con su presupuesto se destina la reposición y adquisición de nueva infraestructura para mantera los mismos servicios, pero no tiene capacidad para incorpora nuevos servicios. En cuanto a los apoyos federales se condicionan a la concesión de los servicios que la CDMx no contempla como opción. Para el modelo conceptual se considera alcanzar un nivel de cumplimiento medio alto, ya que las inversiones para disposición final y tratamiento, quedando pendientes las inversiones para la recolección y transporte de RSU por lo que se alcanzaría un nivel medio alto
Total		65	85	
Promedio		54.2%	70.1%	
Categoría		Medio	Medio-alto.	

Num.	Criterio	2017	MIRSU	Observaciones
------	----------	------	-------	---------------

6N.1	Legislación y regulaciones.	15	15	Existe una ley nacional y su respectivo reglamento en materia de residuos sólidos, los cuales se han actualizado de forma continua y se especifica que los RSU son atribución de los gobiernos locales (estales y municipales), por lo que a nivel nacional la única regulación existe es la norma oficial en materia de disposición final, las demás opciones de manejo se dejan a cargo de los gobiernos locales, sin embargo, esta norma tiene 14 años de su publicación, por lo que se considera un cumplimiento medio alto. Por lo que se asigna una calificación media alta en todo el periodo analizado.
6N.2	Estrategia y política.	0	0	En México el último plan nacional en materia de residuos abarco el periodo 2009-2012, en el que se definen estrategias y metas para mejorar en la gestión de los residuos urbanos, sin embargo, no se establece fechas de cumplimiento y recursos necesarios, se menciona las posibles fuentes de financiamiento, pero no los mecanismos para acceder a ellos. Después del año 2012, no se actualizó el plan nacional y no se delinea una nueva estrategia para dar cumplimiento a las metas no alcanzadas, debido a que la atribución de los RSU es de los gobiernos locales, a nivel nacional solo se cuenta con un programa de financiamiento a los gobiernos que desene implementar nuevas o mejora sus opciones de manejo.
6N.3	Guías de implementación de los procedimientos.	10	10	Existen guías para la elaboración de planes y programas de gestión de RSU a nivel local, en donde se especifican, los requerimientos técnicos, ambientales y económicos que se debe de considerar. Pero no se ha desarrollado mecanismo que permitan asegura que las nuevas instalaciones se construyan con un adecuado balance entre las necesidades nacionales, regional y de las poblaciones locales, es común que existan instalaciones abandonadas por la oposición de la población o por que no son las adecuadas para cantidad y tipo de RSU de la región.
6N.4	Institución Nacional que implemente de la política de RSU.	5	5	Para este indicador se considera un nivel medio bajo, ya que aunque existe una política clara a nivel nacional, debido a que los RSU son competencia de los gobiernos estatales, cada entidad tiene mecanismo distintos para la implementación de la política en materia de residuos, por lo general interviene las entidades de servicios urbanos en la parte operativa y las de medio ambiente en la regulación y normatividad, pero entre los estados no existe coordinación, ya que dentro del ministerio de medio ambiente no existe un área dedicada a la gestión de los RSU.
6N.5	Regulación y Control	5	5	La regulación y control de los sitios de disposición final esta a cargo las áreas de medio ambiente de cada uno de los estados son las encargadas de emitir las autorizaciones y supervisión de los sitios de disposición final y tratamiento, y el nivel de supervisión es muy heterogéneo depende mucho de los recurso y prioridades de cada estado, en los que más del 90% de los sitios de disposición final no cumplen con la normatividad ambiental y se mantiene en operación.
6N.6	Responsabilidad extendida del productor (EPR) o administración del producto (PS)	5	5	Dentro del marco legal en materia de residuos no existen compromiso entre los productores de empaques y dispositivos electrónicos, para compartir el costo del manejo de los RSU producidos ofrecer el reciclaje de sus productos. Solo las empresas embotelladoras a formado una asociación civil para la recuperación y reciclaje de pet en escuelas
Total		40	40	
Promedio		33.3%	33.3 %	
Categoría		Medio-bajo	Medio-bajo	

Num.	Criterio	2017	MIRSU	Observaciones
6L.1	Estructura organizacional coherente.	20	20	Hasta el año 2016, el manejo de los RSU estaba asignado a la Dirección General de Servicios Urbanos en la parte operativa, la SOBES para la adquisición de equipos e infraestructura y la de medio ambiente para la normatividad y política en materia de residuos. A partir del año 2017 la gestión de los RSU queda a cargo de la DGSU con capacidad suficiente para diseñar, planear y ejecutar las políticas, programas y acciones relacionadas con el manejo de los RSU. En el modelo conceptual se considera mantener esta estructura coherente y complementara para coordinar el servicio de recolección informal.
6L.2	Capacidad institucional.	10	15	Dentro de las dependencias relacionadas con el manejo de los RSU existe un organigrama indicando sus cuáles son sus responsabilidades. Sin embargo, no existe un plan de carrera con un apropiado entrenamiento ya que la mayor parte de los puestos directivos se renueva con la administración local cada tres años. Para el modelo conceptual se considera que al estar involucrados el sector privado e informal en los servicios a su cargo disminuiría la rotación del personal directivo.
6L.3	Planeación estratégica y gestión de los RSU en la CDMx.	15	20	La CDMx desde el 2004 que se publicó la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los residuos cuenta con un plan que se actualiza cada 6 años, en donde se hace un diagnóstico de la situación actual y se establece estrategias y acciones para la mejora en la gestión de los RSU, sin embargo, no se indica los montos que se destinaran a estas acciones o las fuentes de financiamiento. Para poder coordinar a los tres prestadores servicios, se debería de realizar la planeación anual del servicio publico en conjunto con los informales y privados, estableciendo metas conjuntas por lo que se alcanzaría un nivel alto-
6L.4	Disponibilidad y calidad de los datos relacionados con la gestión de los RSU.	15	20	Desde del año 2012 se publica anualmente un inventario de los residuos en donde se indicada detalladamente la cantidad de RSU que son manejos por los servicios de limpia públicos así como los informes de los grande generadores (comercio y servicios), sin embargo, se desconocen datos sobre la cantidad de RSU y opciones de manejo utilizan, los estudio de composición más reciente es de hace 9 años .Como parte de la planeación conjunta se deberán de conocer con el mismo detalles que el servicio público lo recolectados por el servicio privado e informal, con lo que se alcanzaría un nivel alto.
6L.5	Administración, control y supervisión de los servicios prestados.	5	20	No existe como tal un área dedicada a la supervisión de los servicios de manejo de RSU, únicamente se atienden las denuncias o quejas ciudadana ya se de recolección de disposición clandestina de RSU en lotes validos barrancas o ríos, pero no existe un área dedica exclusiva la monitoreo y supervisión. Para implementar el modelo conceptual es necesario que se establezca un área dentro de la dirección de servicios urbanos que monitoreo el cumplimiento del tratamiento y disposición final realizado por los particulares, y otra mas que se encargue de supervisar la labor realizada por los informales, con lo que se tendría que alcanzar un nivel alto.
6L.6	Cooperación regional.	5	5	La CDMx pertenece a la Comisión Ambiental de la Megalópolis integridad por los estados de Hidalgo, México, Moleros, Tlaxcala y Puebla, que es un organismo para la coordinación política en temas ambientales de los estados que forman parte de la Zona Metropolitana del Valle de México, sin embargo, esta comisión se ha enfocado al control de la contaminación atmosférica y no ha atendido la gestión de los RSU en la megalópolis. En el modelo conceptual propuesto se mantiene la misma calificación ya la gestión de los residuos a nivel federal esta fuera de los limites del sistema de manejo de RSU de la Ciudad de México
Total		70	100	
Promedio		58.3%	83.3%	
Categoría		Medio	Alto	